

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: II. FAZ GELİŞ  
VE YAKLAŞMA HARİTALARININ ÜRETİMİ VE  
STANDARTLAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yusuf Celil KONAK**

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı**

**Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**

**HAZİRAN 2019**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: II. FAZ GELİŞ  
VE YAKLAŞMA HARİTALARININ ÜRETİMİ VE  
STANDARTLAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yusuf Celil KONAK  
(706111006)**

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı**

**Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**

**HAZİRAN 2019**



İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 706111006 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Yusuf Celil KONAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: II. FAZ GELİŞ VE YAKLAŞMA HARİTALARININ ÜRETİMİ VE STANDARTLAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**     **Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**     .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**     **Prof. Dr. Nesibe Necla ULUĞTEKİN**     .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Melih BAŞARANER**     .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**     **2 Mayıs 2019**  
**Savunma Tarihi :**   **29 Mayıs 2019**





*Eşime ve çocuklarıma,*





## ÖNSÖZ

Öncelikle bu alandaki ihtiyacı farkederek bu süreci başlatmak için emekler vermiş, bu tezin varolmasını sağlayan, bu alanda sahip olduğu motivasyon ve cesaret ile mevcut noktaya ulaşmamızın temel nedeni olan Pegasus Havayolları Performans ve Navigasyon Departmanı Müdürü Sayın Ömer Kaya'ya;

Aynı doğrultuda sistemin kurulumu ve işlemleri adına ana yapıyı kuran ve sistemi var eden Sayın Mete Ercan Pakdil'e;

Hem uçuş haritası üretimi projesinin gerçekleşmesi safhaları hem de tezime ait tüm süreçlerde bana bilgi ve tecrübesi ile yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik'e;

Tez yazımında büyük destek sağlayan değerli dostum Ahmet Geymen'e;

Bu tezi yazabilmemi sağlamış olan sevgili eşim Cemile Konak ve değerli aile büyüklerime;

Saygı ve Teşekkürlerimle...

Mayıs 2019

Yusuf Celil Konak  
(Geomatik Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	3
1.2 Literatür Araştırması .....	4
<b>2. HAVACILIK HARİTALARI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Havacılık Haritası Türleri.....	8
2.1.1 Havalimanı A tipi mania haritası .....	8
2.1.2 Havalimanı B tipi mania haritası .....	8
2.1.3 Havalimanı arazi ve mania haritası – (Elektronik) .....	8
2.1.4 Hassas yaklaşma arazi haritası.....	10
2.1.5 Seyrüsefer haritası.....	10
2.1.6 Alan haritası .....	10
2.1.7 Kalkış haritası .....	14
2.1.8 Geliş haritası .....	14
2.1.9 Yaklaşma haritası.....	17
2.1.10 Görerek yaklaşma haritası .....	19
2.1.11 Havalimanı haritası .....	19
2.1.12 Havalimanı yer hareketleri haritası.....	20
2.1.13 Hava aracı park haritası .....	20
2.1.14 Dünya havacılık haritası .....	22
2.1.15 Havacılık haritası .....	22
2.1.16 Küçük ölçekli havacılık seyrüsefer haritası .....	22
2.1.17 Çizim/Plotlama haritası.....	22
2.1.18 Hava trafik kontrol gözlem minimum irtifa haritaları .....	22
2.2 Uçuş Haritası Üretim Standartları .....	23
2.2.1 Sayfa düzeni.....	24
2.2.1.1 İletişim tablosu .....	27
2.2.1.2 Ölçek .....	29
2.2.1.3 Profil görünümü tablosu.....	29
2.2.1.4 Minimum tablosu .....	30
2.2.1.5 Pas geçiş tablosu .....	30
2.2.2 Plan görünümü .....	30
<b>3. UÇUŞ HARİTASI ÜRETİM SİSTEMİ .....</b>	<b>33</b>
3.1 Sayısal Navigasyon Verisi Yönetimi - SDO.....	35
3.2 Uçuş Haritası Üretiminde Sayısal Navigasyon Verisinin Temini.....	37

3.3 Sayısal Navigasyon Verisi Aktarımı .....	38
3.4 Sayısal Navigasyon Verisi Üretimi .....	39
3.5 Sayısal Navigasyon Verisi Kontrolü .....	43
3.6 Kartografik Üretim .....	55
3.6.1 Uçuş haritası veri katmanları .....	55
3.6.1.1 Uçuş haritası katmanları gösterimi.....	56
3.6.1.2 Uçuş haritası katmanları etiketleri.....	59
3.6.2 Uçuş haritası referans altlığı .....	61
3.6.3 Uçuş haritası tablo ve ek bilgileri .....	63
3.7 EFB Client ve EFB Admin Panel.....	66
3.7.1 EFB Client .....	66
3.7.2 EFB Admin Panel .....	68
<b>4. ÜRETİM SÜRECİNİN STANDARTLAŞTIRILMASI.....</b>	<b>73</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>77</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>79</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>81</b>



## KISALTMALAR

<b>AIP</b>	: Aeronautical Information Publication
<b>AIRAC</b>	: Aeronautical Information Regulation And Control
<b>AIS</b>	: Aeronautical Information Service
<b>AIXM</b>	: Aeronautical Information Exchange Model
<b>ARINC</b>	: Aeronautical Radio, Incorporated
<b>CAD</b>	: Computer Aided Design
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>DHMI</b>	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
<b>DME</b>	: Distance Measuring Equipment
<b>EAD</b>	: European AIS Database
<b>ECAC</b>	: European Civil Aviation Conference
<b>EFB</b>	: Electronic Flight Bag
<b>ESRI</b>	: Environmental Systems Research Institute
<b>ETL</b>	: Extract, Transform, Load
<b>FAA</b>	: Federal Aviation Administration
<b>FAF</b>	: Final Approach Fix
<b>FMC</b>	: Flight Management Computer
<b>GIS</b>	: Geographic Information Systems
<b>GTE</b>	: Graphic Table Element
<b>IAF</b>	: Initial Approach Fix
<b>IAP</b>	: Instrument Approach Procedure
<b>IATA</b>	: International Air Transport Association
<b>ICAO</b>	: International Civil Aviation Organization
<b>IFS</b>	: Internet File System
<b>ILS</b>	: Instrument Landing System
<b>JAA</b>	: Joint Aviation Authorities
<b>KML</b>	: Keyhole Markup Language
<b>LDA</b>	: Landing Distance Available
<b>MSA</b>	: Minimum Sector Altitude
<b>NDB</b>	: Non-directional beacon
<b>NOTAM</b>	: Notice to Airmen
<b>RNAV</b>	: Area Navigation
<b>SDO</b>	: Static Data Operations
<b>SID</b>	: Standard Instrument Departure
<b>STAR</b>	: Standard Instrument Arrival
<b>VB</b>	: Visual Basic
<b>VOR</b>	: Very High Frequency Omnidirectional Radio Range
<b>VPN</b>	: Virtual Private Network
<b>XML</b>	: Extensible Markup Language
<b>WGS</b>	: World Geodetic System



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : Uçuş haritası indeks türleri.....	<b>28</b>
<b>Çizelge 3.1</b> : 2019 - 2024 yılları AIRAC geçerlilik günleri .....	<b>36</b>







## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : 2009-2018 yılları arası Türkiye geneli havalimanları uçak grafiği.....	2
Şekil 2.1 : Havalimanı A tipi mania haritası AIP örneği [5] .....	9
Şekil 2.2 : Hassas yaklaşma arazi haritası AIP örneği [6].....	11
Şekil 2.3 : Seyrüsefer haritası AIP örneği [7].....	12
Şekil 2.4 : Alan haritası AIP örneği [8] .....	13
Şekil 2.5 : Kalkış haritası AIP örneği [10] .....	15
Şekil 2.6 : Yaklaşma haritası AIP örneği [11].....	16
Şekil 2.7 : Yaklaşma usulü fazları .....	17
Şekil 2.8 : Yaklaşma haritası AIP örneği [13].....	18
Şekil 2.9 : Görerek yaklaşma haritası AIP örneği [14].....	19
Şekil 2.10 : Havalimanı haritası AIP örneği [15] .....	20
Şekil 2.11 : Havalimanı yer hareketleri haritası AIP örneği [15].....	21
Şekil 2.12 : Havalimanı yer hareketleri haritası AIP örneği [15].....	21
Şekil 2.13 : Hava trafik kontrol gözlem minimum irtifa haritası AIP örneği [17] ....	23
Şekil 2.14 : Yaklaşma haritası sayfa düzeni .....	25
Şekil 2.15 : RNAV geliş haritası sayfa düzeni .....	26
Şekil 2.16 : Konvansiyonel geliş haritası sayfa düzeni .....	27
Şekil 2.17 : Yaklaşma haritası iletişim tablosu örneği .....	29
Şekil 2.18 : Yaklaşma haritası profil görünümü tablosu örneği .....	29
Şekil 2.19 : Yaklaşma haritası minimum tablosu örneği.....	30
Şekil 2.20 : Yaklaşma haritası pas geçiş tablosu örneği.....	30
Şekil 2.21 : Yaklaşma haritası plan görünümü örneği.....	31
Şekil 3.1 : Uçuş haritası üretim sistem bileşenleri.....	34
Şekil 3.2 : Sayısal navigasyon verisi üretim basamakları.....	37
Şekil 3.3 : ETL aracı model örneği.....	39
Şekil 3.4 : ECAC üye ülkeleri .....	40
Şekil 3.5 : Konvansiyonel kalkış usulü [18].....	41
Şekil 3.6 : RNAV kalkış usulü [19].....	42
Şekil 3.7 : SDO usül kodlamaları örneği.....	42
Şekil 3.8 : Kontrol için bekleyen AIRAC AIXM nesneleri .....	43
Şekil 3.9 : AIRAC bazlı AIXM verisi kontrolü.....	44
Şekil 3.10 : SDO örnek veri giriş ekranı.....	46
Şekil 3.11 : Veri girişi coğrafi kontrolü örneği.....	47
Şekil 3.12 : SDO MSA örneği .....	48
Şekil 3.13 : SDO MSA geometrik kontrolü.....	48
Şekil 3.14 : AIXM bazlı geliş usulleri .....	50
Şekil 3.15 : ARINC 424 usul bacağı kodları sıralaması.....	51
Şekil 3.16 : ARINC 424 usul bacağı kodları öznitelikleri.....	52
Şekil 3.17 : ARINC 424 satırları geometrik dönüşümü- iki boyutlu kontrol .....	53
Şekil 3.18 : ARINC 424 satırları dönüşümü uçak performans parametreleri.....	54
Şekil 3.19 : ARINC 424 üç boyutlu kontrolü .....	54

Şekil 3.20 : Örnek uçuş haritası veri katmanları.....	56
Şekil 3.21 : Öznitelik bağımlı fiks işaret örnekleri.....	57
Şekil 3.22 : Kartografik üretim için geliştirilen Create Carto Features eklentisi .....	58
Şekil 3.23 : Create Carto Features eklentisi nesne seçimi .....	59
Şekil 3.24 : Örnek etiket formatlama kuralları .....	60
Şekil 3.25 : Kartografik nesne etiket yapısı.....	61
Şekil 3.26 : Uçuş haritası referans altlık örneği.....	62
Şekil 3.27 : Geliştirilen yardımcı uçuş haritası referans altlığı eklentileri .....	63
Şekil 3.28 : Uçuş haritası tablo ve ek bilgileri örneği.....	65
Şekil 3.29 : EFB Client uygulaması arayüzü .....	67
Şekil 3.30 : EFB Client – Pegasus Navigasyon Modülü .....	68
Şekil 3.31 : EFB Admin Panel -Chart Modülü.....	70
Şekil 3.32 : Uçuş haritası üretim akışı .....	71



## AKILLI UÇUŞ HARİTALARI YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI: II. FAZ GELİŞ VE YAKLAŞMA HARİTALARININ ÜRETİMİ VE STANDARTLAŞTIRILMASI

### ÖZET

Havacılığın günümüz teknolojisi yanı sıra yakın gelecek öngörülere de göz önüne alınarak hem insanoğlu yaşamı içerisindeki rolü hem diğer ulaşım yöntemlerine göre önemi değerlendirildiğinde; insanlık adına önemini ve gündelik yaşantı içerisindeki rolünü artırarak devam edeceğini tahmin etmek kabul edilebilir bir gerçektir. Gelişen teknoloji ile birlikte havacılık da diğer dallar gibi sürekli bu değişime adapte olmuştur. Yakın gelecekte, küresel ısınma, yapay zekanın gelişimi, fosil yakıt kullanımına karşı daha çevreci teknolojilerin alanda söz sahibi olmaları gibi birçok gelişme havacılığın cevap vererek adapte olması gereken konular arasında yer almaktadır. Bu değişim için çalışmalar da aynı hızla devam ederken farklı bir yapı içerisinde olsa da havacılığın hayatımızdaki yeri artarak var olmaya devam edeceği bir gerçektir.

Havacılık, Wright kardeşlerin gerçekleştirdikleri uçuş sonrası bugünkü bildiğimiz uçak tasarımlarına doğru yönelirken, dünya savaşları sonlarında ise altın çağlar geçirerek ciddi ivmeler kazanmıştır. Savaşlar sonrası kazanılan ciddi tecrübe ve birikim ise takip eden yıllarda sivil havacılık adına katkı sağlayarak ICAO, FAA, IATA, ECAC gibi bugünkü ana havacılık organizasyonlarının kurulmasına temel oluşturmuştur.

Havacılıkta, ilk uçuşlar görüş limiti ile kısıtlı bir şekilde icra edilebilmiştir. Pilotların yer kaynaklı yardımcılarını baz alarak belirli mesafelerde uçabiliyor olmaları doğal olarak hem yeni teknolojiler ile uzun mesafeli uçuşları gerçekleştirilebilmesini sağlayacak yeni araçların ihtiyacını doğurmuş hem de bu alanda teknolojik gelişmelerin yaşanırken pilotların seyrüsefer esnasında yersel yardımcılar olmadan da uçabilmelerine olanak sağlayacak bugünkü uçuş haritalarının gelişimi sürecini başlatmıştır.

Günümüzde havacılıkta sayılı uçuş haritası üreticisi firma bulunmaktadır. Buna neden olarak gösterilebilecek maddelerin en başında işin ciddi bir bilgi birikimi ve tecrübe üzerine ancak bina edilebilmesi gösterilebilir. Havacılıkta ilk öncelik her zaman emniyet olmak durumundadır ve havacılık adına bugün ulaşılmış olan seviye, alanda yaşanan birçok tecrübe üzerine inşa edilmiştir. Günümüzde uçuş haritaları temini için havayollarının başvurduğu iki ana tedarikçi Amerikan menşeli Jeppesen ve Alman menşeli Lufthansa Systems firmalarıdır. Jeppesen firması halihazırda bir uçak üreticisi olan BOEING firması çatısı altında iken Lufthansa Systems ise dünyada halihazırda bilinen sayılı havayolu firmaları arasında gösterilebilecek Lufthansa çatısı altındadır. Uçuş haritalarını tedarik eden bu iki firmanın da havacılığın lokomotif firmaları çatısı altında olması tesadüf değildir. Uçuş haritaları üretimi alanında öncü kabul edilebilecek Jeppesen firması uçuşa henüz başlanıldığı ve yersel yardımcılar kullanılarak uçuşun sağlanılabildiği yıllarda, bir pilotun uçuşlarında tuttuğu ve zaman

içerisinde ciddi bir birikime dönüşen notlar üzerine bina edilmiş bir birikimin sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu birikim öyle bir noktaya ulaşmıştır ki havayollarının ürettiği haritalar bu seviyeye ulaşmaktan uzak kalmış ve pilotlar tarafından da havayolunun ürettiği haritalar yerine bu birikim tercih edilebilmiştir.

Günümüzde bir havayolu operatörünün bir uçuş operasyonu gerçekleştirilebilmesi olmazsa olmaz maddelerinin başında yeterli yakıtı sahip bir uçak, deneyimli bir pilot ve uçak ve pilot için gerekli olan navigasyon bilgisi sayılabilir. Uçuşun ana parçası olan navigasyon bilgisi hem sayısal olarak uçağa yüklenerek uçağın uçuş yönetim sistemi tarafından okunur ve pilotun ciddi anlamda iş yükünün azaltmasına yardımcı olurken aynı bilgi pilotlar tarafından da anlaşılabilir bir form olan uçuş haritalarına dönüştürülür. Günümüz teknolojisinde bir uçuş, her ne kadar otopilot modunda gerçekleştiriliyor olsa dahi pilotun süreci sürekli takip etmesi, uçağın beklediği birçok verinin pilot tarafından temin edilmesi ve bu aşamalar esnasında da pilotun uçuş haritalarından destek alması gerekmektedir.

Bu tez kapsamında havacılığın temel taşları arasında yer alan uçuş haritalarının üretimi süreci incelenecek ve ikinci faz kapsamında yer alan geliş ve yaklaşma haritalarının üretimi konuları tamamlanarak genel anlamda üretim sürecinin nasıl standartlaştırılabileceği incelenecektir. Bu sürecin otomasyon ile ne derece standartlaştırılabileceği de incelenirken gelecekte sürecin ne yönde ilerleyeceği de öngörülmeye çalışılacaktır. Uçuş haritaları üretimi yine ilk fazda olduğu üzere ArcMap yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiştir ancak işlemin otomasyonu için python dili kullanılmıştır.

# **SMART AERONAUTICAL CHART MANAGEMENT SYSTEM DESIGN: 2<sup>nd</sup> PHASE ARRIVAL AND APPROACH CHART PRODUCTION AND STANDARDIZATION**

## **SUMMARY**

Aviation has always been a dream for the humanity until the 19<sup>th</sup> century and after the Wright brothers' major breakthrough the way of aviation change its way with the development of the technology and currently turn from dream to part of our daily life and become one of the unchangeable reality for us. Nowadays, aviation is more accessible and safer and with the current development trend of technology, it is very clear to say its role in our life will be increased. We can expect to see it in very different shapes according to its current form in the near future.

After the Wright brothers' flight, the approach for the design of the aircraft has been changed and started to head towards to reach its current form and also the world wars seriously affected aviation in a good way and aviation gained serious momentum. The golden age of aviation occurred at these dark times for humanity and race for aviation between countries even jump to space. During the world wars, a lot of technology has been developed for aviation and these serious developments and experience ended with the development of civil aviation and civil aviation authorities like ICAO, FAA, ECAC, IATA.

In aviation, the first flights were limited to the limit of visibility. Pilots were using known roads, mostly railways to reach from A to B and with the time notes for the routes started to be taken and with more flights more routes become available but the fact that pilots can fly at certain distances on the basis of their ground-based aids and it was risky to use unknown paths. This limited reality has naturally triggered the need for new equipment that will enable long-distance flights. Besides the equipment developments, there was a need for aeronautical charts to give pilots required information like navigation systems, routes, terrain, obstacles or communication facilities to handle long distance flights.

Nowadays, aviation has a limited number of aeronautical map manufacturers. For aviation safety is the main priority and precautions which were taken for safety made flying safest mode of the transportation so that can be shown as a reason to why the number of manufacturers in this area is very limited. These companies have serious knowledge and gained a lot of experience in this area. Nowadays, the two main suppliers in this area are American-based Jeppesen and Lufthansa Systems of German origin. These two companies origin also comes from the two main actors in the aviation field. Jeppesen is a company of one of the main aircraft manufacturer company that leads in this area, BOEING and the other aeronautical map supplier, Lufthansa Systems is an information technology service provider of Lufthansa Group which is another big actor at the aviation. It's not a surprise or coincidence that two main actors for aeronautical map service are under the root of locomotive companies

of aviation. Jeppesen, which could be considered as a pioneer in the production of aeronautical charts, was created by a pilot, Elrey Borge Jeppesen, who was taking great informative notes about all the routes which he was flying and was the first to make aeronautical charts. The first aim of Captain Jeppesen was not commercial and it was only for personal use but other pilots quickly see the benefits of this product and with the time he quit his job as a captain and started to make aeronautical charts and expanded the production to worldwide.

For an airline operator, it can be said that there are three main components to be able to carry out a flight operation, an aircraft with sufficient fuel, a pilot, and the navigation information required for the aircraft and the pilot. Digital aeronautical information is being used by the FMC to fly at the desired route with required performance parameters and the aeronautical maps which is another form of aeronautical data which can be used by pilots to control the flight by any means necessary and reduce their workload seriously. Currently, at flights, a lot of flight phases can be carried out by the autopilot mode but while at this mode aircraft expect inputs from pilots so for control of the flight and any other information that can be needed, aeronautical charts support pilots during all phases from taxi at departure airport to taxi at destination airport.

Within the scope of this thesis, the process of production of aeronautical charts will be examined with the arrival and approach phases of the flight centred as a second phase of the thesis and the phases for the terminal charts which are being used from departure to landing will be completed. For aeronautical chart production, all standards have been determined by ICAO but these terms are as a suggestion for responsible aviation authorities and from one country to another we can see different areas at aeronautical charts. For a pilot, being able to read all countries' AIP is a redundant effort and hard task but companies like Jeppesen, Lufthansa Systems make this issue more clear and produce every aeronautical chart at the same standard. Being able to reach all AIP, at the same standard is the key factor for an airline operator to use in flight operation and currently, most of the airlines use one of two service providers which makes these companies controller of the very huge area.

At the first phase of the project, a system to gather and populate digital aeronautical information, the system to convert this information to aeronautical maps was established and departure charts produced and delivered to pilots with the developed application but there was not much aviation knowledge for aeronautical chart production at the beginning phase as departure charts. After this phase, mass production of Turkish AIP shows the correct path for the production, needs at the stages, correct approach to detailed cases and even showed a way to make this mass production autonomous. At the beginning stage, there was an only production-ready solution as ESRI for aeronautical chart production. ESRI Aeronautical Solution was offering a structure for the custom specifications at production. Cartographic layer representation can be shown at any GIS software but ESRI already has an aviation centred approach, standards and also label creation feature that no other software has. At the mass production with the second phase for Turkey, chart production phases investigated in detail and ways to minimize production time was researched. Due to ESRI support VB and python languages inside the software, a lot of scripts used to create most of the components of the aeronautical charts and python is chosen by ESRI to continue as the main language. New python tools made a lot of parts to be able to speak directly with the aeronautical database and according to ICAO standards beside

cartographic specifications that ESRI Aeronautical Solution has and used at first phase, also the creation of the aeronautical chart documents become autonomous via python language. ESRI's arcpy library is able to speak a lot of components of the map documents and also with this library any element creation at the layout side like dynamic tables, graphical drawings are possible.

The first phase of the project was mainly focused on the production system but with the second phase, creation of the aeronautical charts reach to a different level and also further cases investigated at this stage. To fill the gap for the terminal charts which begin from the taxi at the departure airport and finished with the same type at the destination, this phase was required. After this stage, all necessary system components for the mass and autonomous production will be clear and the system can be revised according to this new knowledge.







## 1. GİRİŞ

Gelişim, insanoğlunun hayatında vazgeçilmez bir olgudur ve her an daha iyiye gitmek üzere varlığımızdan bu yana başlattığımız mücadele sonucu günümüz teknolojisine ulaşabilmemiz ancak mümkün olmuştur. Son yüzyılda kullanmaya başladığımız bilgisayar teknolojisi ile gelişim ivmemiz öyle yüksek oranda artmıştır ki şimdiye kadar insanoğlunun biriktirdiği tüm bilgi birikimini birkaç gün içerisinde biriktirebilecek teknolojinin varlığından günümüzde söz edebilmekteyiz ve bu süreç gün geçtikçe çok daha farklı noktalara gitmektedir. Hayatın her alanına yansıyan ve yaşayışımızı değiştiren teknolojinin gelişimi şüphesiz havacılık alanında da benzer etkilere sahiptir.

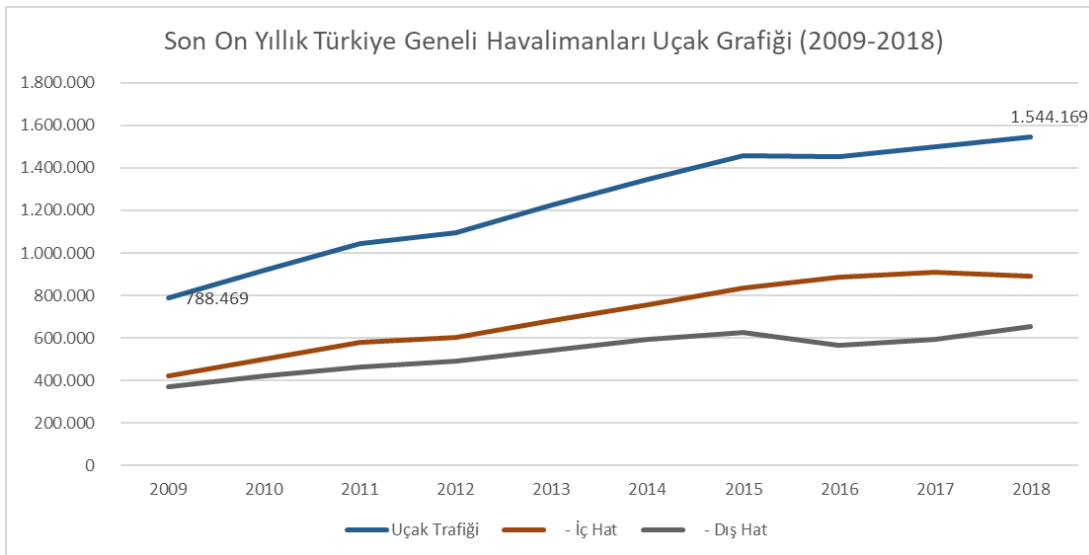
Uluslararası organizasyonların kurulması ile havacılıkta bilgi adına belirli standartların kabul edilebilmesi ancak geçtiğimiz yüzyıl yarısında yaşanabilmiştir. Her ülkenin belirlediği havacılık otoritesi ile sağlanan havacılık verisi yaşanan gelişmeler ve gelişen teknoloji sayesinde bu alanda hizmet sunan sayılı firma tarafından sayısal formata günümüzde dönüştürülebilmekte ve bu sayısal format aracılığı ile de ulaşım için günümüzde daha sıkça kullanabildiğimiz uçaklarda yer alan sistemler tarafından anlamlandırılabilmesi sonucu büyük oranda otonom bir uçuş gerçekleştirebilmemiz günümüz şartlarında mümkün olabilmektedir. Günümüzde olan seviye gelişim ve değişimine devam ederken ilerleyen yıllarda havacılığın da çok farklı noktalara gideceği açıktır.

Havacılık alanında olduğu şekilde benzer gelişmeleri bir zamanlar çevresindeki besin kaynakları, göç yolları, yerleşim yerleri gibi bilgi birikimini mağara duvarlarına çizerek konum bilgisini gelecek nesillere aktarma ihtiyacı ile başlarken günümüzde gps, lidar, uydu teknolojileri gibi birçok farklı araçtan beslenerek birçok farklı alanda hizmet veren ve konum bilgisi ile insan hayatının konfor seviyesini yükseltmeye devam edecek olan harita mühendisliği alanında da görmek mümkündür.

Teknoloji ile konum bilgisini çok daha hızlı toplayabilen ve bunu çok daha hızlı şekilde insan hayatına fayda sağlayabilecek şekilde anlamlandırabilen birçok sistem,

yazılım, araç halihazırda günümüzde gündelik yaşantımıza kolaylıklar sağlamaktadır. Denizlerde pusula aracılığı ile yön bulma noktasından uydu aracılığı ile konum belirleme safhasına gelmiş olan teknoloji hayatın ihtiyaç duyulan her alanında eksikliğini hızla kapatmakta ve ister navigasyon alanında isterse hayata geçirilmek istenen projeler için her gün daha ileri ve daha kaliteli bir biçimde bizler için çözüm olmaya devam etmektedir.

Havacılığın teknoloji ile beraber gelişimi esnasında uçak üretim teknolojilerinden, yardımcı iletişim teknolojilerinin gelişimine, havalimanları ve hava sahalarının takibinde kullanılacak teknolojilere kadar birçok alanda yaşanmış olan ciddi gelişmeler havacılığı bugünkü seviyesine ulaştırmıştır. Çoğunlukla farklı alanlarda farklı amaçlar için geliştirilen birçok konu zaman içerisinde sivil toplum yararına kullanılması sık görülen bir gerçektir ve havacılık alanında yaşanan teknolojik gelişmelere de bu kapsam içerisinde bakmak mümkündür. Dünya savaşları esnasında yaşanan birçok gelişme savaşlar sonrası havacılıkta bir rekabet konusuna dönüşmüştür. Günümüzde hayatımızın içerisinde ve çok daha erişilebilir bir konumda olan havacılık için ülkemizde de çok ciddi aşamalar katedilmiştir. Havalimanına yapılan iniş veya kalkış hareketi uçak trafiği olarak tanımlanmaktadır ve DHMİ tarafınca yayınlanmış 2009-2018 yılları arasındaki uçak trafiğini gösteren grafiğe göre bu sayı %202 gibi ciddi bir artış göstermiştir [1](Şekil 1.1).



**Şekil 1.1 :** 2009-2018 yılları arası Türkiye geneli havalimanları uçak grafiği

Bu oran aynı yıllar içerisinde hesaplanan yolcu ve kargo grafikleri adına da benzer şekildedir. Bu derece bir artış ile havacılık alanında en hızlı gelişen ülkeler arasında

yer alan ve uluslararası arenada etkinliğini çok daha yukarılara taşımayı hedefleyen ülkemizde, havacılığın temel yapı taşlarından biri olan uçuş haritalarının temin edilebileceği bu alanda üretim gerçekleştiren bir firma bulunmamaktadır. Havayolu operatörleri halihazırda sınırlı sayıda olan yabancı menşeli uçuş haritaları ve sayısal navigasyon verilerini kullanmaya devam etmektedir.

## **1.1 Tezin Amacı**

Projenin ilk fazında uçuş haritası üretimi için bir sistem kurulması ve kalkış haritası üretimini için sistem geliştirilmesi hedeflenmiş ve kısıtlı sayıda firmanın bulunduğu bu alanda ülkemiz içerisinde de bu alanda bir bilgi birikimi oluşumu ve üretim sağlanması için ciddi bir adım atılmıştır. Halihazırda bir havayolu olarak gerektiğinde istenilen türde uçuş haritasını kendi bünyesi içinde temin edebilir durumda olmak ve ilk fazda kazanılan tecrübe ile sayısal navigasyon verisi adına da servis alınan firmalar ile aynı dili konuşabilir hale gelmek projenin başlangıcında yer alan hedeflerin ötesindedir. Bu yapının seyrüsefer esnasında kullanılan uçuş haritaları veya bilinen diğer adı ile terminal haritalarının tüm safhalarına yayılarak tamamlanması gereklidir. Günümüzde de bu alandaki ana hizmet, uçuş için olmazsa olmaz olan terminal haritalar ve ilgili sayısal navigasyon verilerinin temini üzerinedir. Sayısal navigasyon verisi ve aynı veri bazlı üretilmiş uçuş haritaları ile seyrüsefer için hem uçakta yer alması gereken ana veri temin edilerek uçağın istenen rotalarda belirtilen kısıtlar içerisinde seyrüseferi için gerekli bilgi sağlanmış olacak hem de bu esnada pilotların seyrüseferi takibi ve gerektiğinde müdahalesi için aynı veri kaynaklı ikinci bir ürün olan uçuş haritaları aracılığı ile uçuş için gerekli olan ana bilgi tamamlanmış olacaktır.

Uçuş haritaları üretimi, ilgili sayısal navigasyon verilerinin standartlarına hakimiyet, gerekli hallerde bu verileri sağlayabilmek günümüzde uluslararası seviyede sayılı firma tarafından sağlanabilmektedir ve projenin ikinci fazı olan geliş ve yaklaşma haritaları için de bu seviyeyi yakalamak tezin amaçları içerisinde yer almaktadır.

Kalkış haritaları ile kazanılan deneyim geliş ve yaklaşma haritaları üretiminde de kullanılarak bu türler için de uçuş haritası üretim sistemi geliştirmek, varolan uçuş haritası üretim sistemini ilk faza göre daha ileri bir aşamaya taşımak ve sistemdeki insan müdahalelerini en aza indirgeyerek üretim sürecinin ne kadar otomatik şekilde

ilerleyebileceğini araştırmak, kalkış haritaları adına sağlanan fazda olduğu şekilde bu alanda da ülkemiz içerisinde bilgi birikimi sağlayabilmek tezin amaçları arasındadır.

## 1.2 Literatür Araştırması

ICAO, kuruluşu olan 1944 yılından bu yana hava seyrüseferi koordinasyonunu sağlamak, gelişen teknoloji ve oluşan ihtiyaçlar doğrultusunda güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir yapı oluşturmak için global ölçekte havacılık standartlarını ve havacılık adına tavsiye edilen uygulamaları belirlemektedir. Uçuş haritaları üretimi adına da yayınladığı dokümanlar hem ülke otoriteleri hem de hizmet veren özel kurumlar tarafından takip edilmekte ve bu alanda gerçekleşen yayın ve üretimler belirlenen uluslararası standartlar içerisinde olmaktadır. Uçuş haritası üretimi için standartlar 1944 yılında yapılan Uluslararası Sivil Havacılık Konvansiyonu’nu takiben burada yer alan maddelere uygun şekilde 1948 yılında ICAO Annex 4 yayını ile belirlenmiş ve 1949 yılında yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde de yayınlanan talimat ile havacılık alanında faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşlar da şikago Konvansiyonu olarak da bilinen bu uluslararası havacılık sözleşmesini ve eklerini uluslararası belirlenen standartlarda uygulamak ile yükümlüdür. Benzer şekilde havacılık bilgi servisi yayın standartları da ICAO Annex 15 yayını ile belirlenmiştir. Yaşanan teknolojik gelişmeler ile havacılık verisinin akışı ve havacılık bilgisinin servisi de günümüzde çok daha önemli bir hale gelmiştir. Hava seyrüseferi için kullanılmakta olan bilgisayar destekli sistemler ile artık bu hizmetler daha hızlı, güvenli ve efektif şekilde havacılık adına kullanılabilmektedir.

CBS, yeryüzüne ilişkin konular adına belirli bir amaç için toplanan bilgilerin temel işlemlere ek olarak analiz ve görüntüleme gibi işlemler ile desteklendiği bir bilgisayar sistemi olarak uçuş haritası üretiminin de temelinde yer alabilecek ana yapıdır. Havalimanı bazlı üretilen ve birçok havacılık özeline bilginin aktarıldığı uçuş haritaları üretimi için CBS adına halihazırda gelinmiş olan birikim ile projenin çok daha hızlı ilerlemesi sağlanabilmiştir.

Projenin ilk fazı olan ‘‘Akıllı Uçuş Haritaları Yönetim Sistemi Tasarımı: I. Faz Kalkış Haritaları retimi’’ tezi ile uçuş haritası üretim sistemi kurulumu ve kalkış haritalarının üretimi aşamaları incelenmiş ve ikinci faza konu olan geliş ve yaklaşma haritaları için gerekli sistem tasarımları sağlanmıştır [2]. Uçuş haritası üretimi için tesis edilen

sistem, üretim adına gerekli sayısal havacılık bilgisi, bu verinin temini ve işlenmesi konuları ilk faz içerisinde detaylı incelenmiştir. İkinci faz içerisinde ilk tez içerisinde varolan yapı doğrultusunda geliş ve yaklaşma haritaları üretimine ek olarak mevcut üretim sisteminin standartlaştırılması ve üretim hızının artırılması konuları incelenecektir.

Tezin içerisinde hedef olan uçuş haritası üretimi sistemi ikinci faz özelinde ilk fazı da destekler nitelikte incelenirken ikinci bölüm içerisinde genel kapsamda uluslararası standartlarda kabul edilen havacılık haritaları türleri incelenerek bu çatı altında yer alan uçuş haritaları adına farkındalık oluşturulması hedeflenmiştir. Üçüncü bölümde mevcut uçuş haritası üretim sistemi başlangıç noktası olan veri temininden sistemin son bacağı olan son kullanıcıya üretimin ulaştırılması detayında bileşenleri detayında incelenerek genel yapı hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde elde edilen tecrübenin teknoloji ile dönüşümü sonrası üretimin geldiği son nokta incelenirken sonuç bölümünde ise teknoloji ile gelecekte bu sistem veya sistemde yer alan ürünlerin durumu ve olası gelecek formlarına değinilirken proje kapsamında hedefler değerlendirilirken ve sistemin geleceği üzerine öngörüler de yer almaktadır.



## 2. HAVACILIK HARİTALARI

Harita, yer ya da diğer büyük gök cisimlerinin yüzeylerine veya bu yüzeylerin bir bölgesine ait konulara ilişkin obje ve bilgilerin, doğadaki konumlarını çizim altlığı üzerinde belli matematik kurallara göre yansıtan, kartografik işaretlerle gösteren ve gerektiğinde yazılı sözcüklerle tamamlayarak aktaran bir bilgi iletişim aracıdır [3]. Uçuş haritası ise ICAO tarafından dünyanın bir bölümünün ve buraya ait kültür ve yeryüzü yapısının özellikle hava seyrüsefer gereksinimlerini karşılamak üzere özelleşmiş temsili olarak tanımlanmaktadır [4]. Seyrüseferin fazlarına özgü, uçuş operasyonu esnasında ihtiyaç duyulabilecek birçok bilgi için özelleşmiş alt uçuş haritası türleri oluşturulmuştur. ICAO tarafından uçuş fazları;

- Park pozisyonundan kalkış başlangıcına kadar yapılan taksi fazı,
- Kalkış ve seyrüsefer rotasına tırmanış,
- Seyrüsefer fazı,
- Yaklaşma için alçalma,
- İniş için yaklaşma ve pas geçme,
- İniş ve park pozisyonuna yapılan taksi fazı

olmak üzere altı faza ayrılmıştır [4]. Her bir faz için tasarlanan uçuş haritasının optimum şekilde ilgili faz adına gerekli olan bilgileri sağlaması gerekmektedir. ICAO tarafından belirlenmiş farklı amaçlara hizmet eden birçok farklı havacılık haritası bulunmakla beraber uçuş içerisinde aktif olarak kullanılan havalimanlarına ait uçuş planlarında yer alan, A noktasından B noktasına gidiş esnasında ICAO tarafından belirtilen uçuş fazlarındaki tüm usulleri içererek operasyonun gerçekleştirilebilmesini sağlayan beş tür, proje kapsamında yer alan uçuş haritası türleri olarak incelenmiştir ve yaygın kullanımda terminal haritalar olarak da adlandırılmaktadır.

## **2.1 Havacılık Haritası Türleri**

### **2.1.1 Havalimanı A tipi mania haritası**

A tipi mania haritası her bir pist için ilgili durma yolu, aşma uzantısı ve kalkış fazı içerisinde varolan alanı ve bu alanda yer alan maniaların tanımlandığı haritadır. Bu haritalar havalimanına planlama yapan operator firmalar tarafından minimum hesaplamaları için kullanılmaktadır. Pist sonu itibarı ile başlayan tanımlanmış alan içerisindeki kesitlerde yer alan tüm maniaları yeryüzü yapısı ile gösteren bu harita türü dolaylı olarak gündelik operasyonlarda operator firmalarca kullanılmakta ve kalkış ve iniş performans hesapları, bu havalimanına planlanabilecek yolcu sayısı gibi değerlere etki etmektedir ve havalimanı işleticileri tarafından güncel tutulmaktadır (Şekil 2.1).

### **2.1.2 Havalimanı B tipi mania haritası**

B tipi mania planı turlama usulleri için minimum irtifa hesabı, kalkış veya inişlerde yaşanabilecek olası bir acil durumda icra edilmesi gereken usullerin tanımlanması, mania kontrolü ve uçuş haritalarında ek kaynak olarak kullanım amaçları ile 1/10000 ile 1/20000 ölçekte çizilen ve sadece kalkış hattı değil havalimanı çevresi için de yeryüzü ve mania adına bilgi sağlayan haritalardır.

### **2.1.3 Havalimanı arazi ve mania haritası – (Elektronik)**

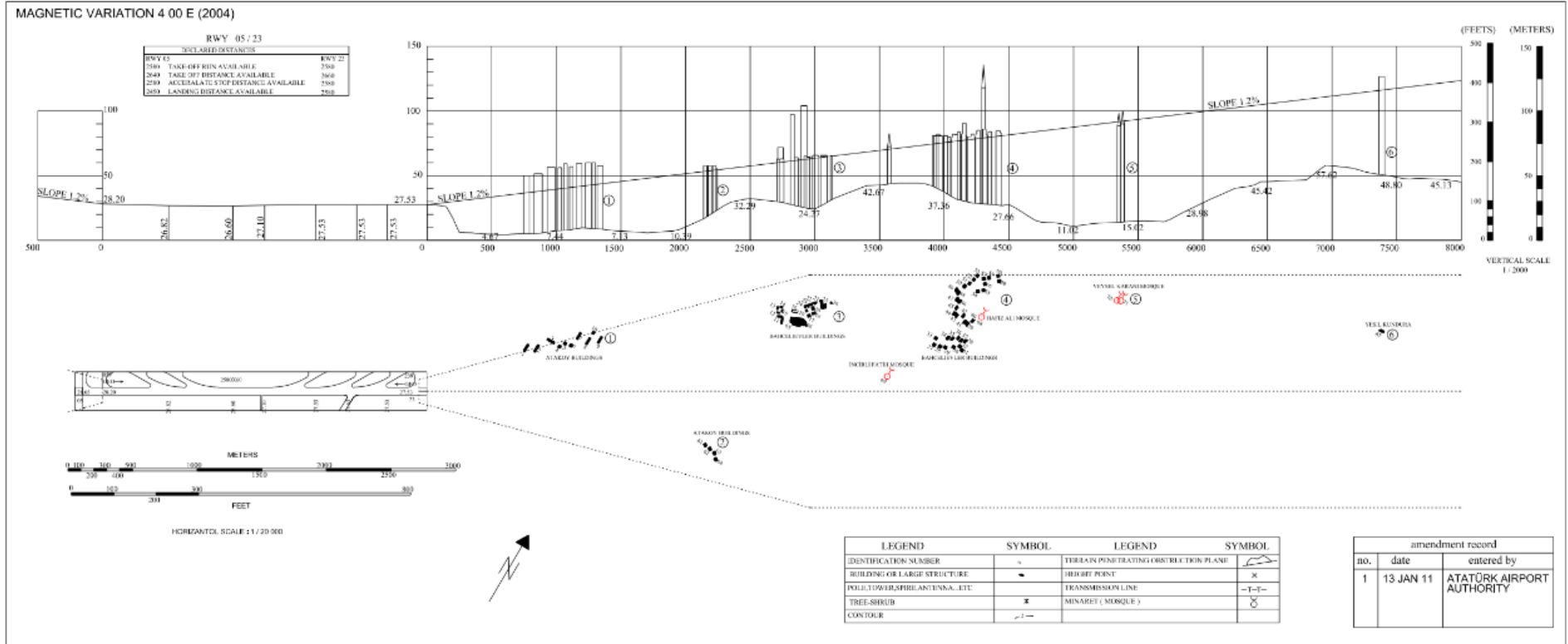
A ve B tipi mania haritalarına benzer amaçla sayısal havacılık verisi bazlı operator firmalar için pas geçiş veya kalkışlar fazlarında yaşanabilecek acil durumlarda kullanılmak, hava seyrüseferi uygulamaları için ise aletli usul dizaynı, havalimanı mania yasağı tanımlanması veya kaldırılması, havacılık haritalarında üretiminde kullanılacak diğer kaynak verinin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere üretilen elektronik haritalardır. Bu türün sağlandığı havalimanlarında A ve B tipi mania haritası ve hassas yaklaşma arazi haritasının da gerekliliği ortadan kalkmaktadır.



AERODROME OBSTRUCTION CHART-ICAO  
TYPE A (OPERATING LIMITATIONS)

ISTANBUL/ATATURK

DIMENSIONS AND ELEVATIONS IN METERS



DHMI - ANKARA

AIP AMDT 03/11

Şekil 2.1 : Havalimanı A tipi mania haritası AIP örneği [5]

#### **2.1.4 Hassas yaklaşma arazi haritası**

Son yaklaşma fazında karar yüksekliğinin radio altimetre ile tespitinde arazi yapısının etkisinin değerlendirilmesi amaçlı ilgili pist başına olan detaylı profil bilgisi ve son yaklaşma hattını gösteren haritalardır. Tüm kategori II ve III hassas yaklaşma usulü bulunan pistler için son yaklaşma fazı için yardımcı detaylı bilgileri içermektedir (Şekil 2.2).

#### **2.1.5 Seyrüsefer haritası**

Havacılık bilgi sahaları içerisinde oluşturulan kalkış fazını takiben düz uçuşa geçilerek hedef havalimanı hava sahasına gidiş esnasında hava trafik hizmeti üreticileri ile uyumlu şekilde hava trafik hizmeti yolları boyunca seyrüseferin sağlanması için uçuş ekibine bilgi sağlanan uçuş haritası türüdür (Şekil 2.3). Seyrüsefer fazı, tez kapsamında tamamlanmış olan uçuş haritaları türlerine ek olarak uçuşun içerisinde yer alan ana fazlardan birisi olarak kabul edilebilir. Park pozisyonundan taksi ile başlayan ve yine park pozisyonunda biten operasyon içerisinde tez kapsamında incelenen kalkış, geliş ve yaklaşma fazları gibi düz uçuşun gerçekleştirilerek ana mesafenin katedildiği faz olan seyrüsefer fazı uçuş adına olmazsa olmaz bir faz olması nedeni ile uçuş haritası üretici firmaları tarafından da geliştirilen uygulamalar içerisinde yer almakta ve uçuş haritası olarak da üretilmektedir. Proje kapsamında ise ana hedefler içerisinde yer almamakla beraber bütünlüğün sağlanması ve projenin daha da ileriye taşınması anlamında sunucu üzerinden yapılan servis ile web üzerinde seyrüsefer rotaları geliştirilmiş olan şirket içi web uygulamasında yer almaktadır. Bu uygulama üzerinde canlı operasyon takibi, hava durumunun harita üzerine yansıtılması, yer hizmetleri ekipleri adına gelen uçak takibi ve uçak park pozisyonu bilgisi gibi operasyon adına karar vericilere ve operasyona destek verilmekte olan farklı bir ürün de bulunmaktadır.

#### **2.1.6 Alan haritası**

Aletli uçuş fazları içerisinde seyrüsefer fazından yaklaşma fazına geçişte, kalkış veya pas geçiş sonrası seyrüsefer fazına geçişte veya hava trafik hizmeti yolları içerisinde bulunan kompleks yapılarda uçuş ekibine ilgili fazlarda gerekli yardımcı bilgileri sunan haritalardır (Şekil 2.4).

AIP  
TURKEY

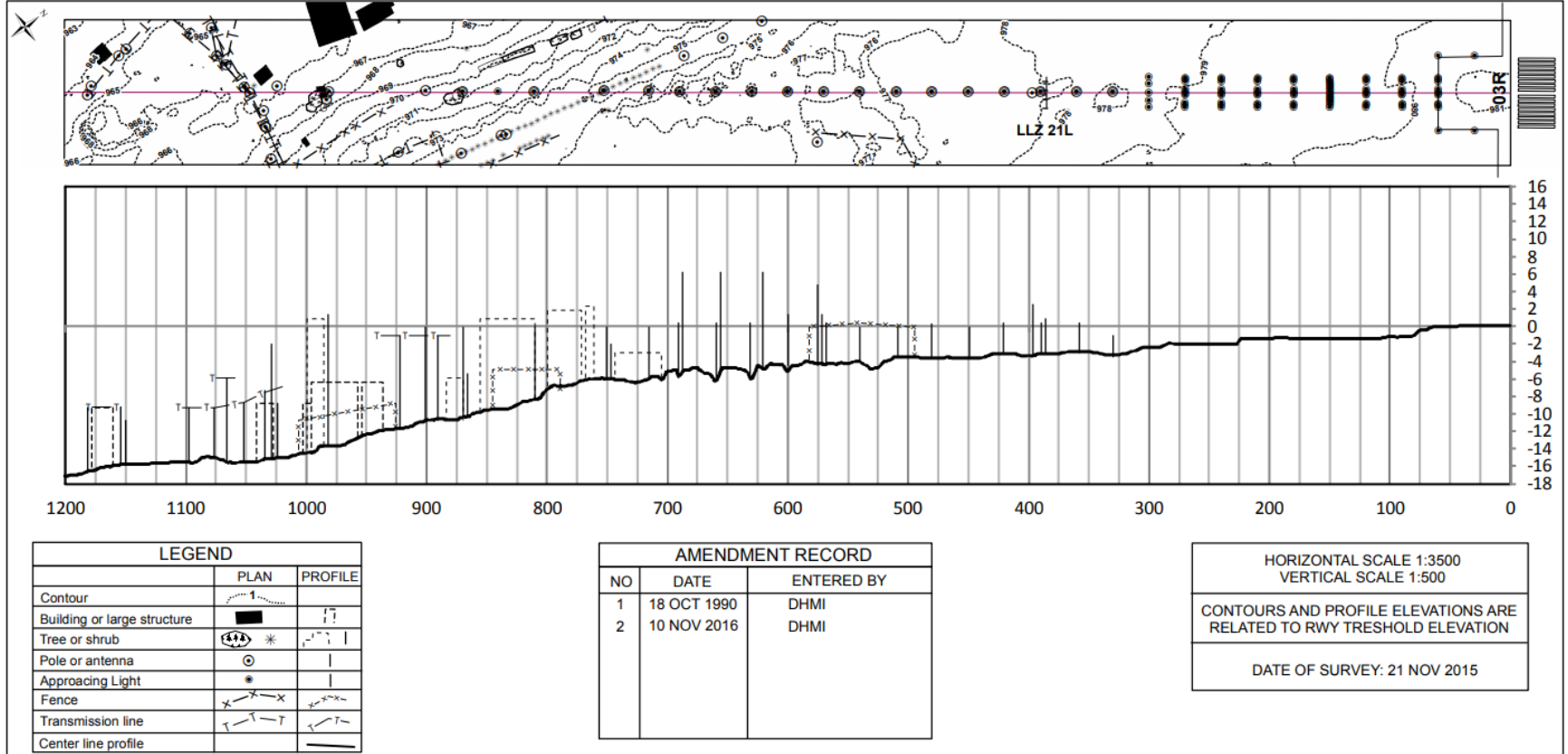
AD2 LTAC PATC-1  
10 NOV 16

DIMENSIONS IN METERS  
HEIGHTS IN METERS

PRECISION APPROACH TERRAIN CHART - ICAO

ANKARA / ESENBOĞA

RWY 03R



DHMI TURKEY

AIRAC AMDT 11/16

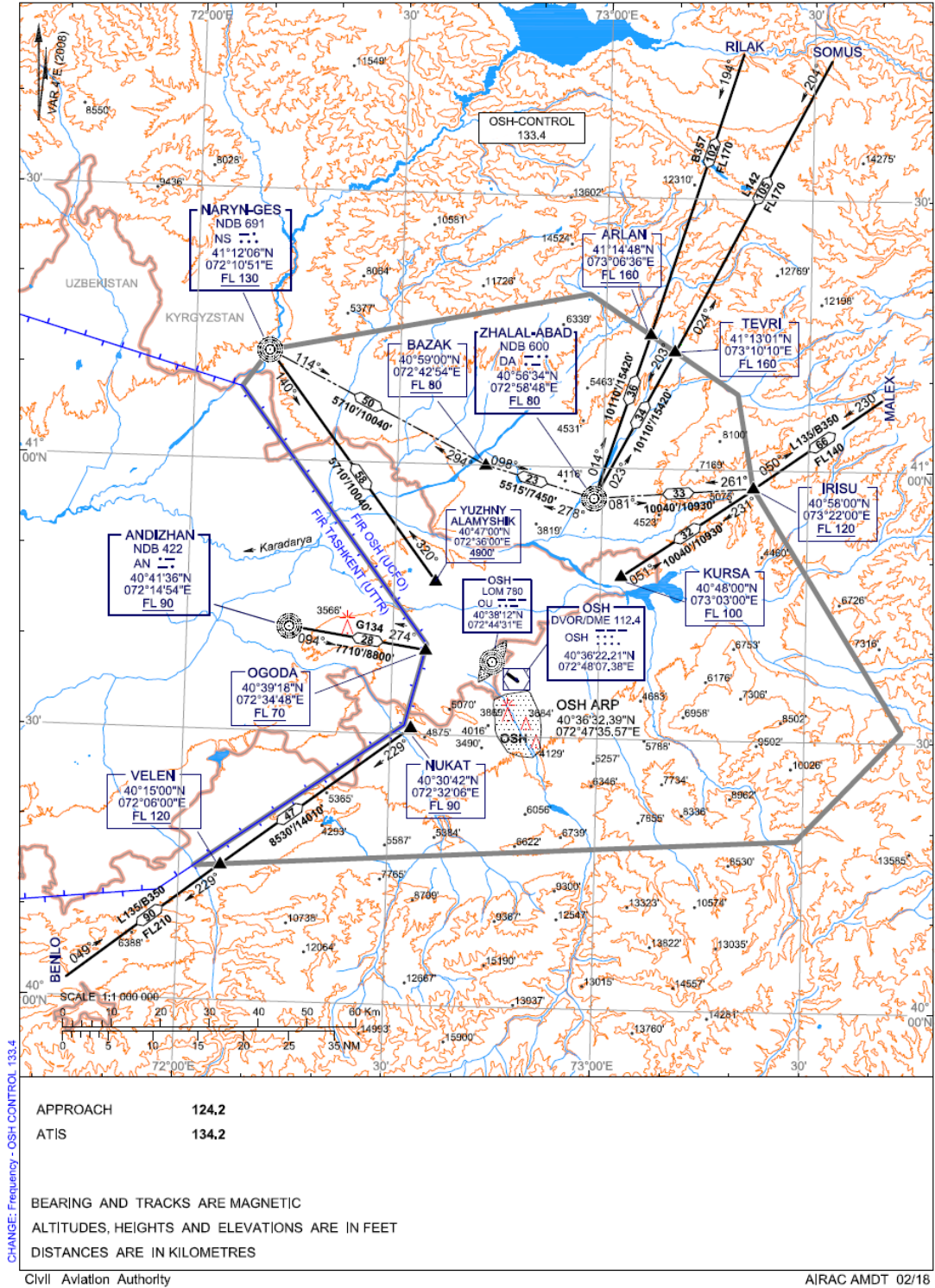
Şekil 2.2 : Hassas yaklaşma arazi haritası AIP örneği [6]





AREA CHART- ICAO

OSH, KYRGYZSTAN  
TMA OSH



Şekil 2.4 : Alan haritası AIP örneği [8]

### **2.1.7 Kalkış haritası**

SID kısaltması ile kullanılan uçuş ekibine kalkış fazından seyrüsefer fazına kadar geçişte uygulanacak kalkış usulünün icrası için minimum kalkış tırmanış açısı, usul fiks noktaları, bu noktalarda alınması gereken irtifa değerleri, usul bacaklarındaki açı bilgisi, dikkat edilmesi gereken hava sahaları ve ülke sınırları, kalkış fazından seyrüsefer fazına geçişe kadar usul ve çevresinde yer alan arazi yapısı ve usule etki edebilecek mania bilgileri, usulün icra edildiği alan içerisinde kalan minimum sektör irtifa değerleri, gerekli iletişim frekansları, usulün icrasında dikkat edilmesi gereken notlar ve usul tarifi gibi kalkış fazı için gerekli bilgileri aktaran uçuş haritası türüdür. Projenin ilk fazında bu türe ait uçuş haritalarının üretimi incelenmiştir. Bu fazda elde edilen deneyim diğer fazlardaki üretim adına da kullanılmıştır. Uçuşun başladığı faz olarak da değerlendirilebilecek olan kalkış fazı hava sahası ve mania kısıtlarına bağlı olarak seyrüsefer fazına kadar otorite tarafından yayınlanan minimum değerlerin korunması ile tırmanışın gerçekleştirildiği faz olarak da tanımlanabilir.

### **2.1.8 Geliş haritası**

Seyrüsefer fazından yaklaşma fazına geçişte uçağı ilgili hava yolundan belirtilen yaklaşma usulü başlangıcına veya uygun geçiş yapılabilecek mesafeye kadar getiren varış havalimanına özgü geliş usullerinin tarif edildiği ve ilgili geçişte yer alan tüm fiks noktalarının yer aldığı haritalardır. Uçuş haritalarında standart olarak yer alan minimum sektör irtifaları, usulün icrası ile ilgili özel notlar, ilgili alan içerisinde yer alan hava sahaları, usulün icrası için gerekli iletişim frekansları, yeryüzü yapısı ve bu alan içerisinde kalan mania yükseklik bilgisi, geçiş irtifası gibi seyrüsefer fazının akabinde yaklaşma fazına geçişte kullanılan bilgileri içeren uçuş haritası türüdür. Geliş türü, seyrüsefer fazı ve yaklaşma segmenti arası geçişe yardımcı usul türü olarak da tanımlanmaktadır. Bu usuller aracılığı ile çoğunlukla kompleks bir yapıda olan ve irtifa limitleri gibi kısıtlar içeren bilgilerin aktarımı da sağlanarak havalimanında yer alan kontrolör ve pilotun iş yükü de azaltılmaktadır [9]. Geliş fazı, havaliman çevresi yeryüzü yapısına da bağlı kalınarak pist merkez hattı doğrultusunun makul mesafeden karşılanarak yaklaşma usulüne geçilebildiği bir faz olabilirken daha zorlu yeryüzü yapısının mevcut olduğu limanlarda da pist üzerine kadar gelinerek bunun akabinde daha özel bir şekilde alçalmanın gerçekleştirilebildiği bir faz olarak da görülebilmektedir.

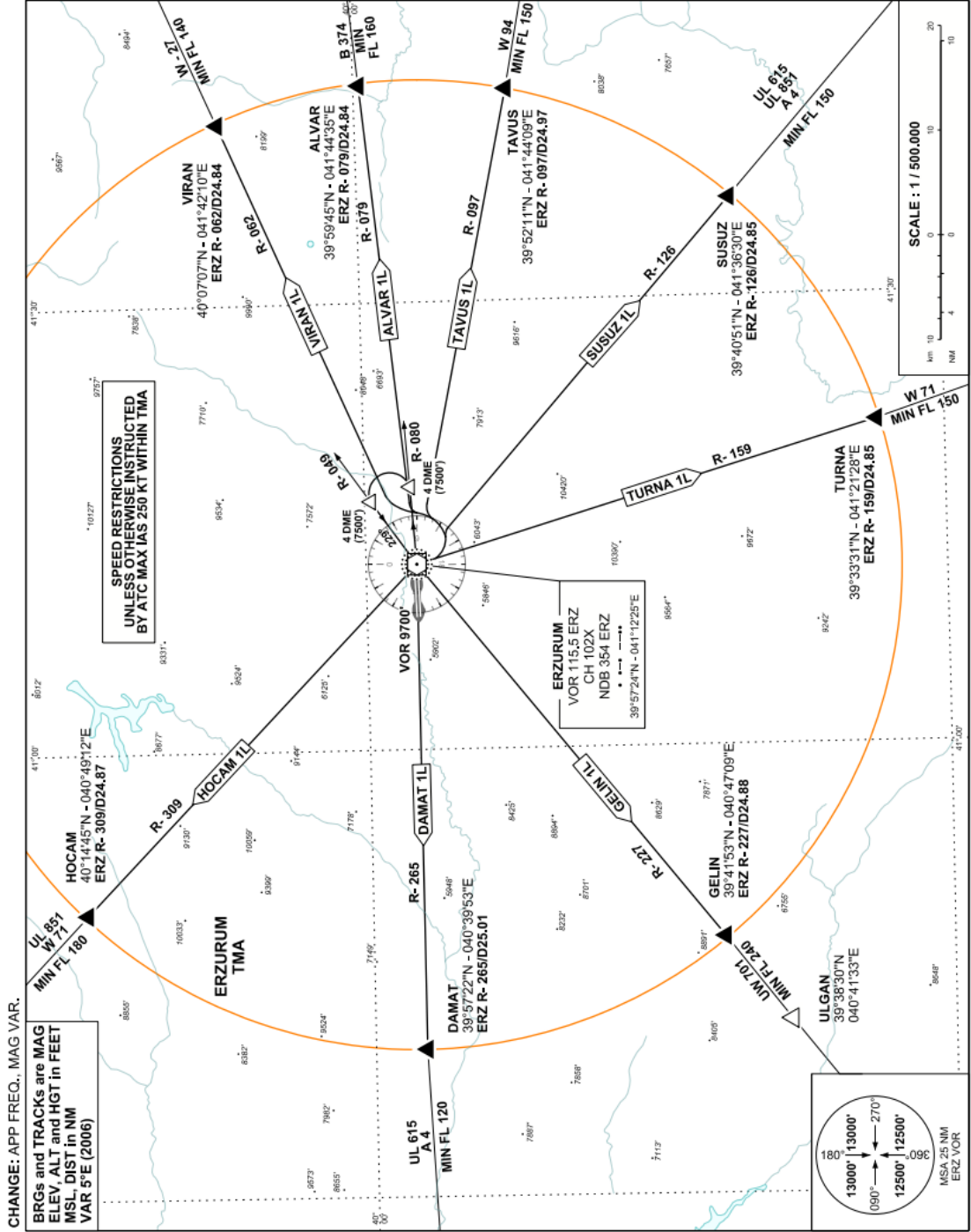
STANDARD DEPARTURE  
CHART INSTRUMENT (SID)  
ICAO

TRANSITION ALTITUDE  
15000 FT

TWR : 118.7 - 124.3 - 257.8 - 362.3  
APP : 118.7 - 124.3 - 257.8 - 362.3

ERZURUM

RWY 08L / 08R



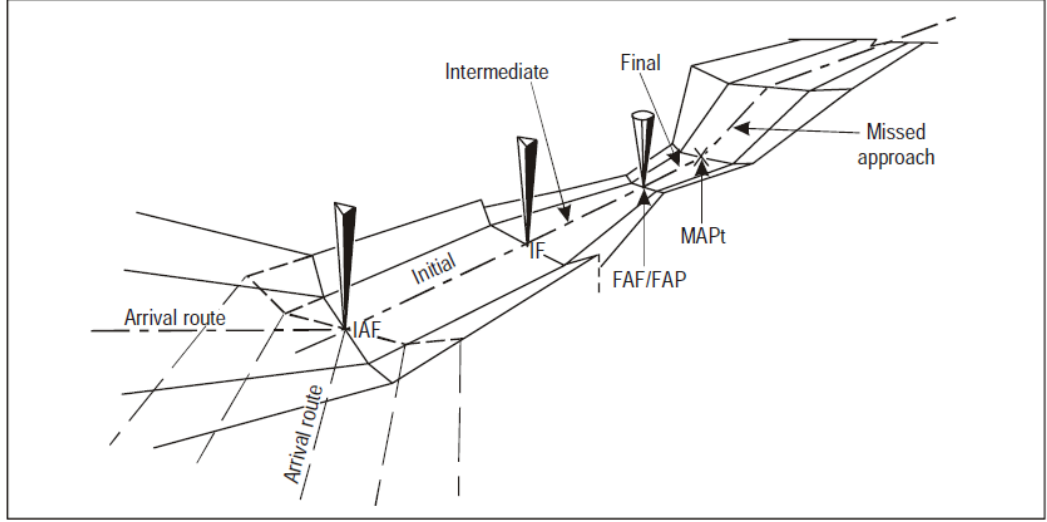
Şekil 2.5 : Kalkış haritası AIP örneği [10]





### 2.1.9 Yaklaşma haritası

Aletli yaklaşma haritası olarak tanımlanabilecek, yaklaşma ve pas geçme usulünü ve varsa pas geçiş sonraki ilgili bekleme dizaynını tanımlayan uçuş haritası türüdür. IAP olarak bilinen yaklaşma usulleri fazları, ICAO PANS-OPS Vol II altında yayınlandığı şekilde ilk yaklaşma bölümü, orta yaklaşma bölümü, son yaklaşma bölümü ve pas geçiş bölümü olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır [12](Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Yaklaşma usulü fazları

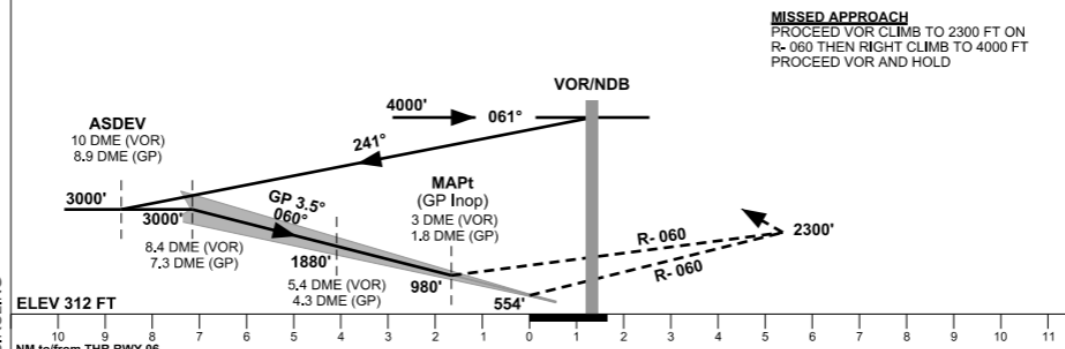
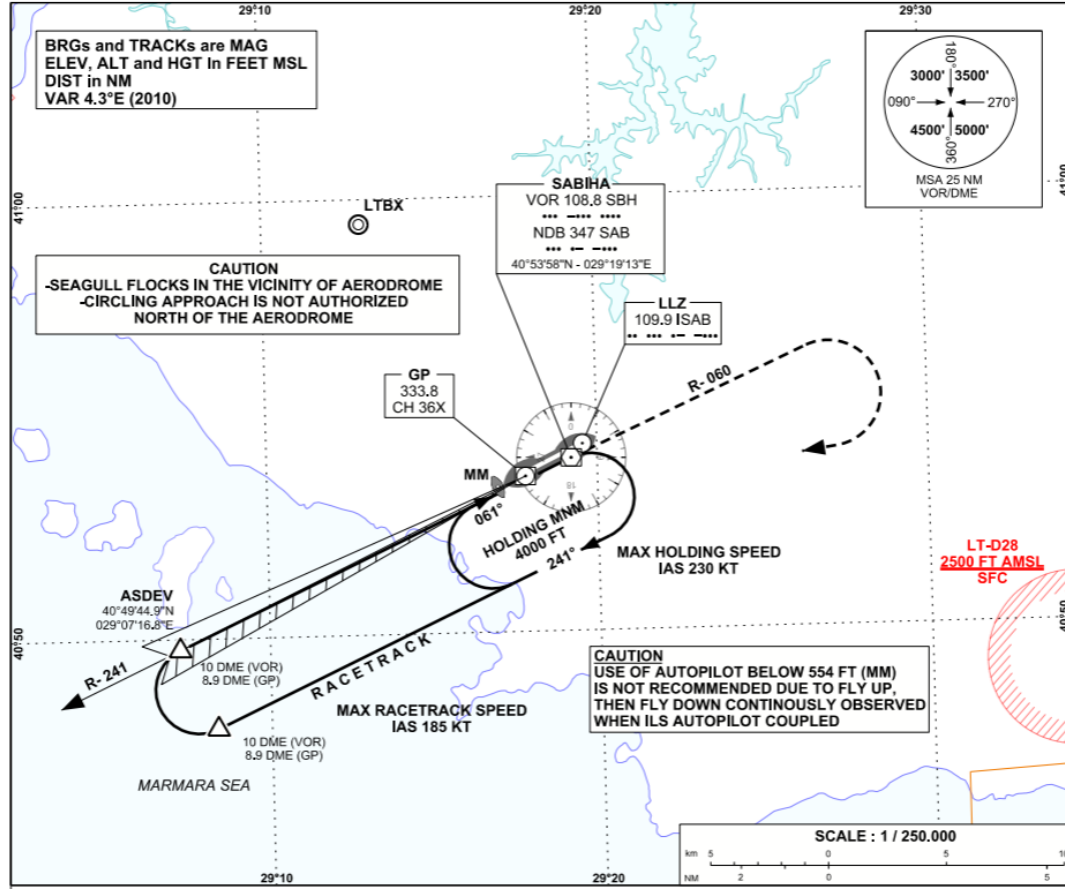
Yaklaşma usulünün IAF rolü ile belirtilen ilk yaklaşma noktasında bitmesi sonrasında usul orta bölüme geçmek amacı ile yeryüzü ile olan mania aşma yüksekliği korunarak ilan edilen irtifa değerini yakalar. Yaklaşma için ilgili irtifa alınması süreci çok kısa olabilirken irtifanın kaybedilmesi için turlama dizaynları da uygulanabilir. Orta bölümde son yaklaşma için ilgili konfigürasyonlar sağlanırken gerekli hız değeri yakalanır. Son yaklaşma bölümü pist merkez hattı doğrultusuna girilerek inişin gerçekleştirildiği bölümdür ve olası bir kriterin sağlanamaması veya acil bir durum olması halinde pas geçme bölümü ile devam eder ve bu bölüm de belirtilen irtifaya çıkılması ile sonlanır. Tüm bu fazların yer aldığı, arazi yapısı ve mania bilgilerinin, standart diğer özelliklere ek olarak yaklaşma usulü minimumlarının, düşey usul profiline verildiği ve pas geçme tarifinin yer aldığı uçuş haritası türüdür.

**INSTRUMENT  
APPROACH  
CHART - ICAO**

APP	121.1 - 120.5 (YEŞİLKÖY APP)	AD ELEV	312 FT
TWR	118.8 - 120.925 - 122.625 - 378.775	TRANSITION ALTITUDE	10000 FT
ATIS	128.550		

**İSTANBUL/SABIHA GÖKÇEN**

ILS/DME RWY 06 CAT I



OCA (H)	NM to/from THR RWY 06				- ILS RDH 55 FT - INT. GP AT 8.4 DME VOR 7.3 DME GP
	A	B	C	D	
Straight-in Approach		506' ( 213' )			
GP Inoperative		980' ( 687' )			
Circling	1250' ( 938' )		1350' ( 1038' )		

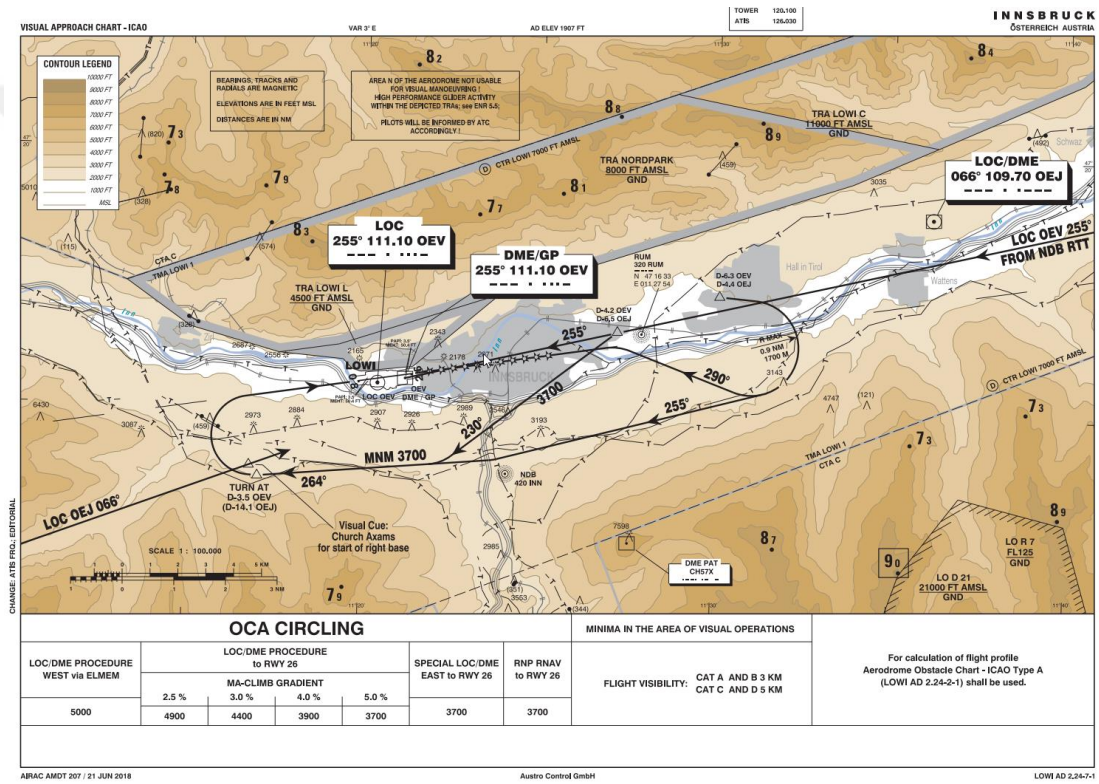
DHMI - ANKARA

AIRAC AMDT 03/18

Şekil 2.8 : Yaklaşma haritası AIP örneği [13]

## 2.1.10 Görerek yaklaşma haritası

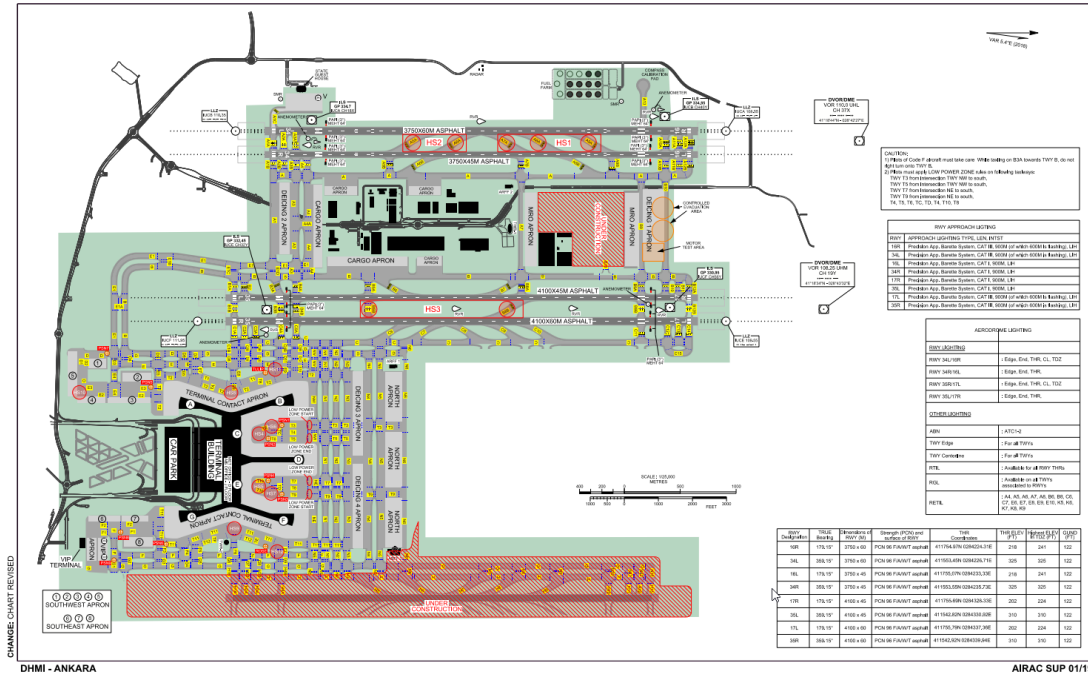
Aletli uçuş yerine seyrüsefer fazından inişe kadar olan, hava yolundan ayrılması sonrası pist görüşünün sağlanması koşulu ile piste inişe kadar olan süreci kapsayan bir diğer uçuş haritası türüdür. Bir anlamda alt bir yaklaşma haritası türü olarak görülebilir ancak herhangi bir yardımcı cihazdan yardım almak yerine pilotun uçuş yönetim sisteminden destek almadan pist görüşünü takiben belirtilen usulü takibi ile inişin gerçekleştirildiği uçuş haritası türüdür. Proje kapsamında operator firma için gerekli olduğu hallerde yaklaşma haritalarında sağlanan yapı ile ek olarak görerek yaklaşma usulleri de Pegasus Navigasyon modülü ile pilotlara ulaştırılmıştır.



Şekil 2.9 : Görerek yaklaşma haritası AIP örneği [14]

## 2.1.11 Havalimanı haritası

Uçuş ekibine uçağın pistten park pozisyonuna ve park pozisyonundan piste gidişini, bir anlamda hareket sahasını gösteren ve bu alanda yer alan teknik ekipman ile birlikte havalimanının tanımlı bölümlerini ve havalimanında gerekli operasyonel bilgiyi de aktaran harita türüdür.



Şekil 2.10 : Havalimanı haritası AIP örneği [15]

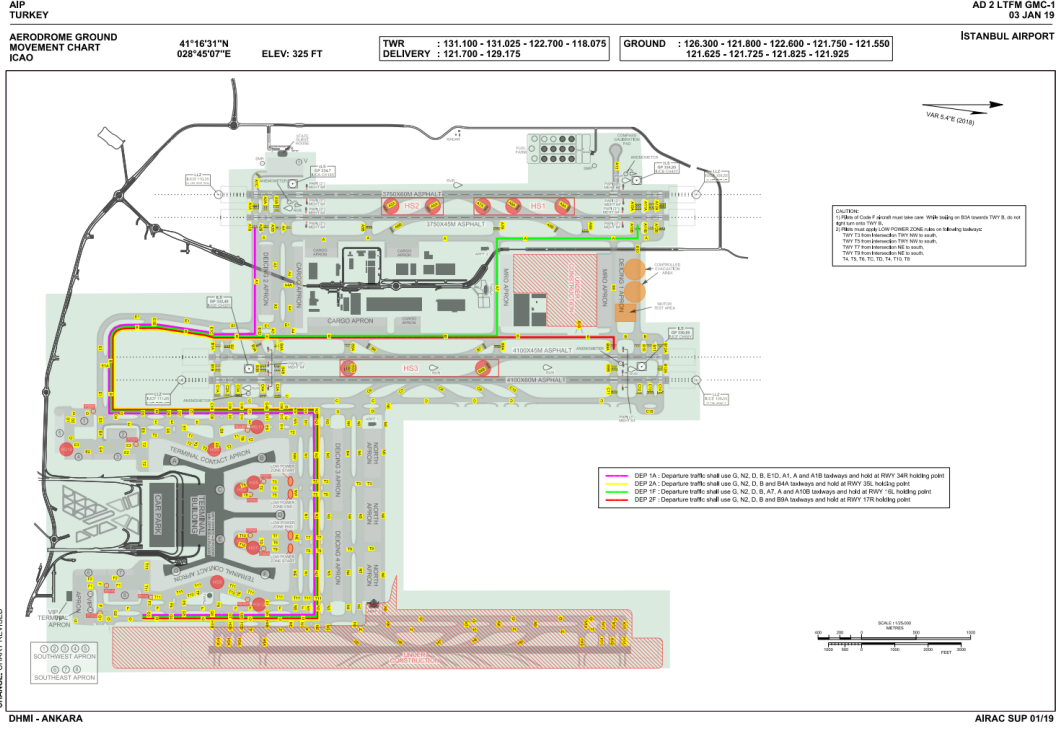
### 2.1.12 Havalimanı yer hareketleri haritası

Bu harita türü çok büyük havalimanlarında birden fazla pist ve apron alanı içerisinde birçok taksi yolu arasından park pozisyonuna geçişin daha detaylı anlatıldığı ek bir harita türü olarak tanımlanabilir. Ülkemizde 2019 yılı itibarı ile yeni açılmış olan İstanbul havalimanı benzeri birden fazla piste sahip ve iniş sonrası doğru pozisyona ulaşım adına üçlük yaşanabilecek tüm limanlarda standardın sağlanabilmesi adına ilgili otorite tarafından yayınlanmaktadır.

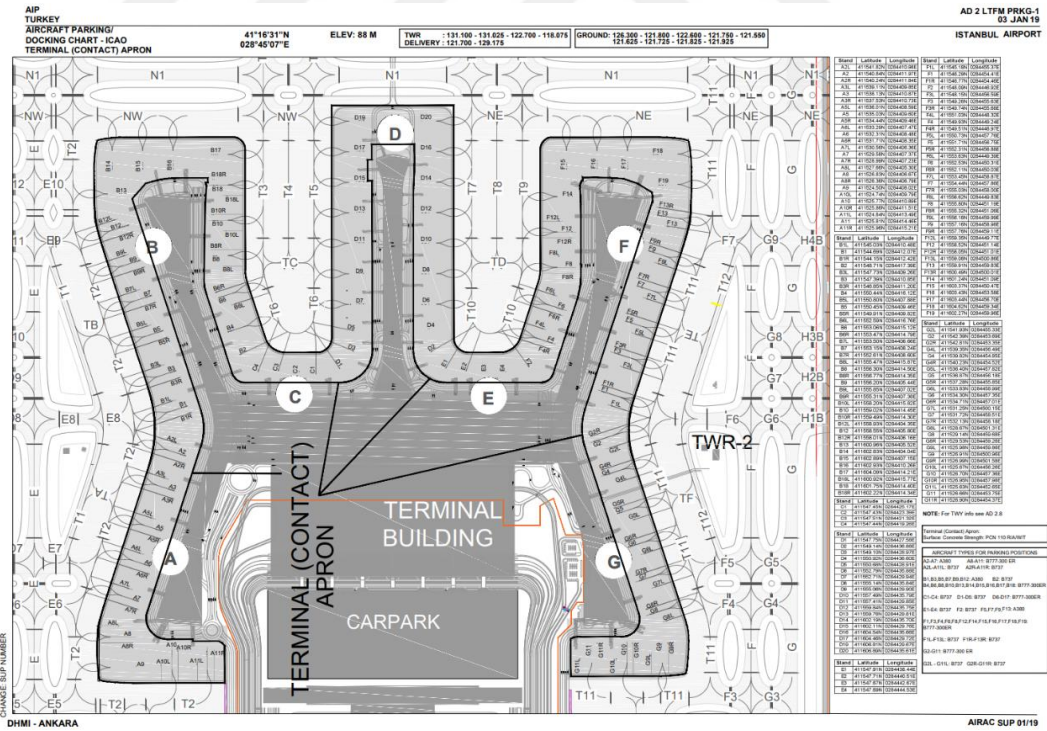
### 2.1.13 Hava aracı park haritası

Uçuş ekibine park pozisyonları bilgisinin detaylı bir şekilde aktarıldığı ve ek olarak taksi yollarına ait yüzey mukavemet değerlerini de içeren, bu alanda yapılabilecek hareketleri tanımlayan, havalimanı haritası içerisinde gösterilemeyecek detayda park pozisyonu olması halinde havalimanı haritasına ek olarak bu alandaki bilgileri daha detaylı veren bir harita türüdür.





Şekil 2.11 : Havalimani yer hareketleri haritası AIP örneği [15]



Şekil 2.12 : Havalimani yer hareketleri haritası AIP örneği [15]

#### **2.1.14 Dünya havacılık haritası**

Bu harita türü yüksek irtifa ve orta hız şartlarında gerçekleştirilen görerek seyrüsefer ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile 1/1.000.000 ölçeğinde çizilen havacılık haritası türüdür. Görerek yaklaşma haritası kabul edilen bu tür içerisinde akarsular, ana kara ve demir yolları, ayırteci yer işaretleri, drenaj dizaynları, şehir ve topografya ile ilgili bilgiler yer alır [16].

#### **2.1.15 Havacılık haritası**

Dünya havacılık haritası amacına benzer şekilde düşük süratlerde kısa veya orta mesafeli orta veya düşük irtifalı görerek seyrüsefer ihtiyaçlarını karşılamak için üretilen 1/500.000 ölçeğinde çizilen haritalardır.

#### **2.1.16 Küçük ölçekli havacılık seyrüsefer haritası**

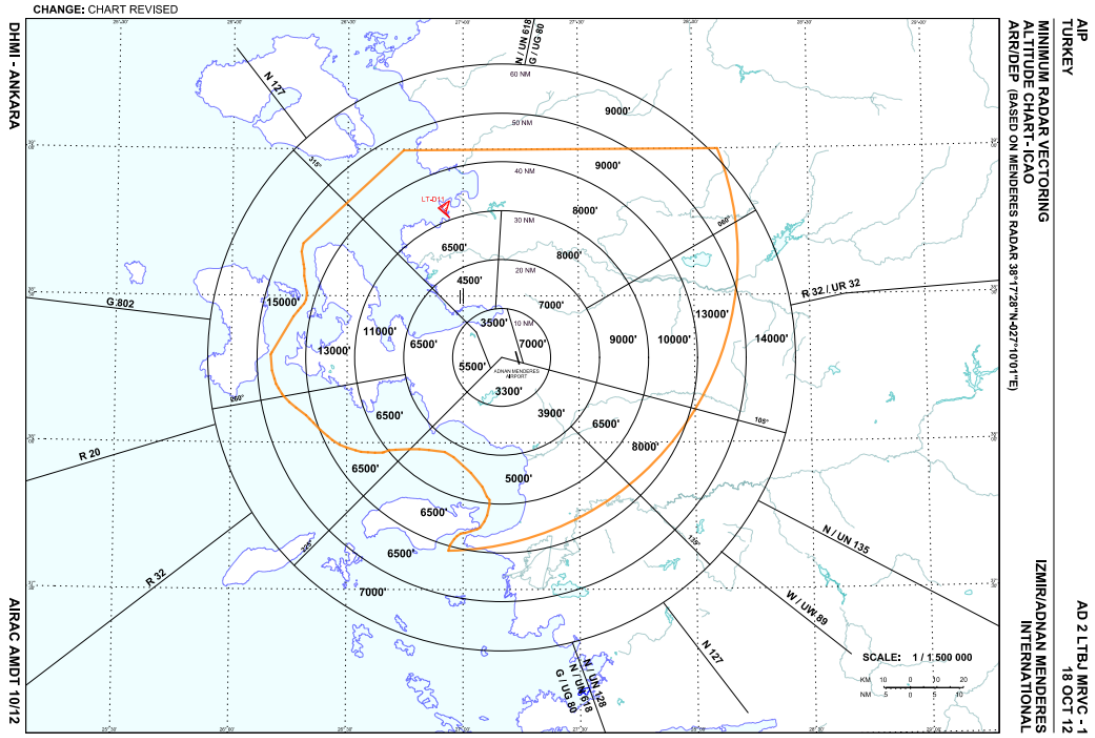
Uzun menzilli ve yüksek irtifalarda gerçekleştirilen uçuşlar için gerekli bilgileri sağlayan, görsel konum doğrulama için belirli yüksek irtifa ve hız kontrol noktaları sağlayan, radio ve elektronik yardımcılardan destek alınmadığı uzun menzilli uçuşlarda sürekli görsel referans sağlayan, planlama ve kestirim için kullanılan harita türüdür.

#### **2.1.17 Çizim/Plotlama haritası**

İstenilen uçuş rotasının istikamet, sürat, mesafe, zaman gibi bilgiler ve çeşitli metodlarla korunabilmesi için uçak konum bilgisinin hesaplandığı havacılık haritası türüdür.

#### **2.1.18 Hava trafik kontrol gözlem minimum irtifa haritaları**

Minimum radar vektör irtifa haritaları olarak da kullanılan, radar kontrolörü ile belirlenen hava sahasında minimum irtifaların belirtildiği havacılık haritası türüdür.



**Şekil 2.13 :** Hava trafik kontrol gözlem minimum irtifa haritası AIP örneği [17]

ICAO'nun standartlarını belirlediği havacılık haritaları şekillerde ülke otoritelerine ait haritalar ile örneklendirilmekle beraber bu türler içerisinde uçuş için aktif kullanılmakta olan uçuş haritaları sayılı havacılık haritaları üreticisi firma tarafından havayolu operatörleri hizmetine sunulmaktadır. Günümüzde uçuş haritaları kullanılmakta olan ilgili firmaların uygulamaları içerisinde uçuş ekibinin kullanımına kalkış, geliş, yaklaşma, taksi ve seyrüsefer bölümü başlıkları altında havalimanı bazlı olacak şekilde ulaştırılmaktadır.

## 2.2 Uçuş Haritası Üretim Standartları

Uçuş haritaları adına temel standartlar ICAO Annex 4 dokümanı ile belirlenmiştir. Bu ana kurallar çerçevesinde ülke otoriteleri yakın standartta haritalar üretmekle beraber farklı ülke yayınlarında farklı gösterim özellikleri ve birimler kullanılabilir. Bu durum bu alanda standart yapıda yapılan çalışmaların değerini artırmış ve bu alanda yer alan firmaları da global ölçekte farklı noktalara taşımıştır. ICAO Annex 4 dokümanı içerisinde haritalarda katmanlar için kullanılacak işaretler, haritalarda yatay ve dikey eksende kullanılacak ölçme birimleri, harita üzerinde yer alması gereken geçerlilik tarihi, notlar, isimlendirme, haritada yer alan hava sahası bilgisi ve gösterimi, yeryüzü gösterim kuralları, yatay ve dikey jeodezik referans sistemi gibi

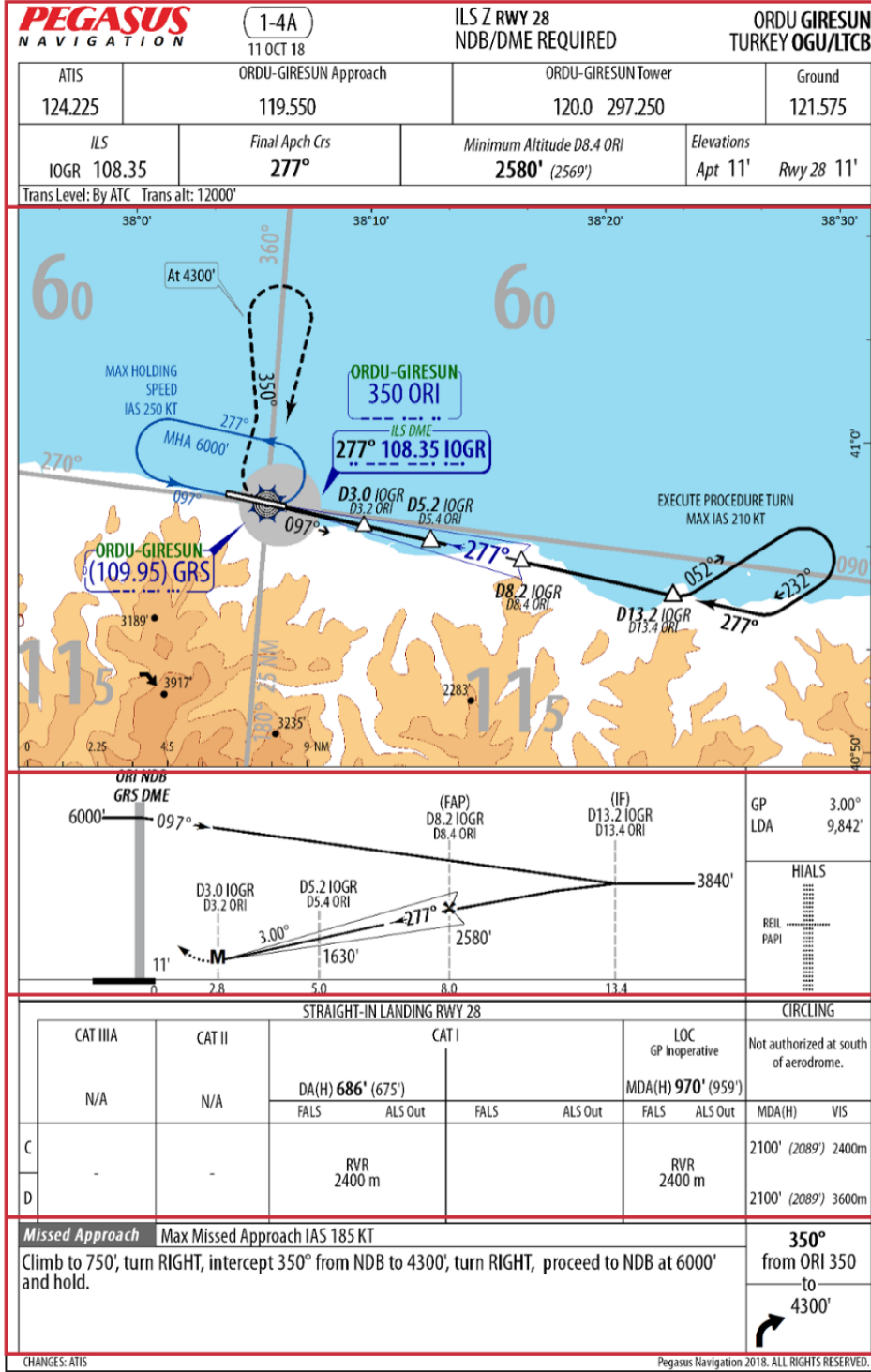
birçok konuda uçuş haritalarında olması gereken ana yapı tanımlanmıştır. Bu dokümanda yer alan tanımlamalar ışığında yapılan tasarım çalışmalarına ek olarak halihazırda varolan kullanım alışkanlıkları ve mevcut sisteme getirilebilecek ek öneriler de göz önünde bulundurularak mevcut uçuş haritası formatlarına ulaşılmıştır. Proje kapsamında üretilen uçuş haritaları üretim adına ana iki bölüme ayrılabilir. Bunlardan ilki, usul veya usullere ait yapının Annex 4 dokümanı standartlarına uygun şekilde üretilmiş ve kartografik görselleştirmeler ile desteklenmiş ölçekli ve yeryüzü üzerinde gösterildiği plan görünümü ve ikinci bölümde plan görünümünde yer alan usul veya usullere ait bilgilerin, uçuş haritası türüne özel ek standart tabloların ve yardımcı diğer bilgilerin yer aldığı sayfa düzeni olarak tanımlanabilir.

### **2.2.1 Sayfa düzeni**

Üretilen uçuş haritaları üzerinde standart olarak belirtilen uçuş haritası adı, numarası, harita geçerlilik tarihi, havalimanının adı ve yer aldığı ülke, şehir adı ve havalimanı ICAO, IATA kodu, havalimanı iletişim bilgileri, havalimanı ve varsa ilgili pist yüksekliğini, havalimanına geçiş irtifası ve geçiş seviyesi gibi bilgilerin yer aldığı standart iletişim tablosu ve üretimi söz konusu uçuş haritasının türüne bağlı eklenebilecek minimum tablosu, düşey profil görünümü, pas geçiş tablosu gibi bilgiler bulunabilmektedir ve plan görünümü üzerine eklenen ek bilgi notları da harita sayfa düzeni içerisinde yer alan elemanlar olarak tanımlanabilir.

Aşağıda yer alan geliş ve yaklaşma türünde uçuş haritaları bölümleri adına incelenirse; tüm haritalarda iletişim bilgilerini içeren tablo olmakla beraber geliş haritalarında RNAV türünde ek olarak usul tarifi de yer alırken, yaklaşma haritalarında bu tablolar dışında minimum tablosu, düşey profil görünümü, pas geçiş tarifinin yer aldığı pas geçiş tablosu da yer almaktadır. Sayfa üzerinde en başta yer alan iletişim tablosu içerisinde ise uygulanacak usul türüne bağlı gerekli olan iletişim frekanslarına ek olarak havalimanı adı, ICAO, IATA kodu, havalimanı ve ilgili pist yükseklikleri gibi ek bahsedilen ve uçuş için gerekli olan yardımcı bilgiler yer alır.





İletişim Tablosu

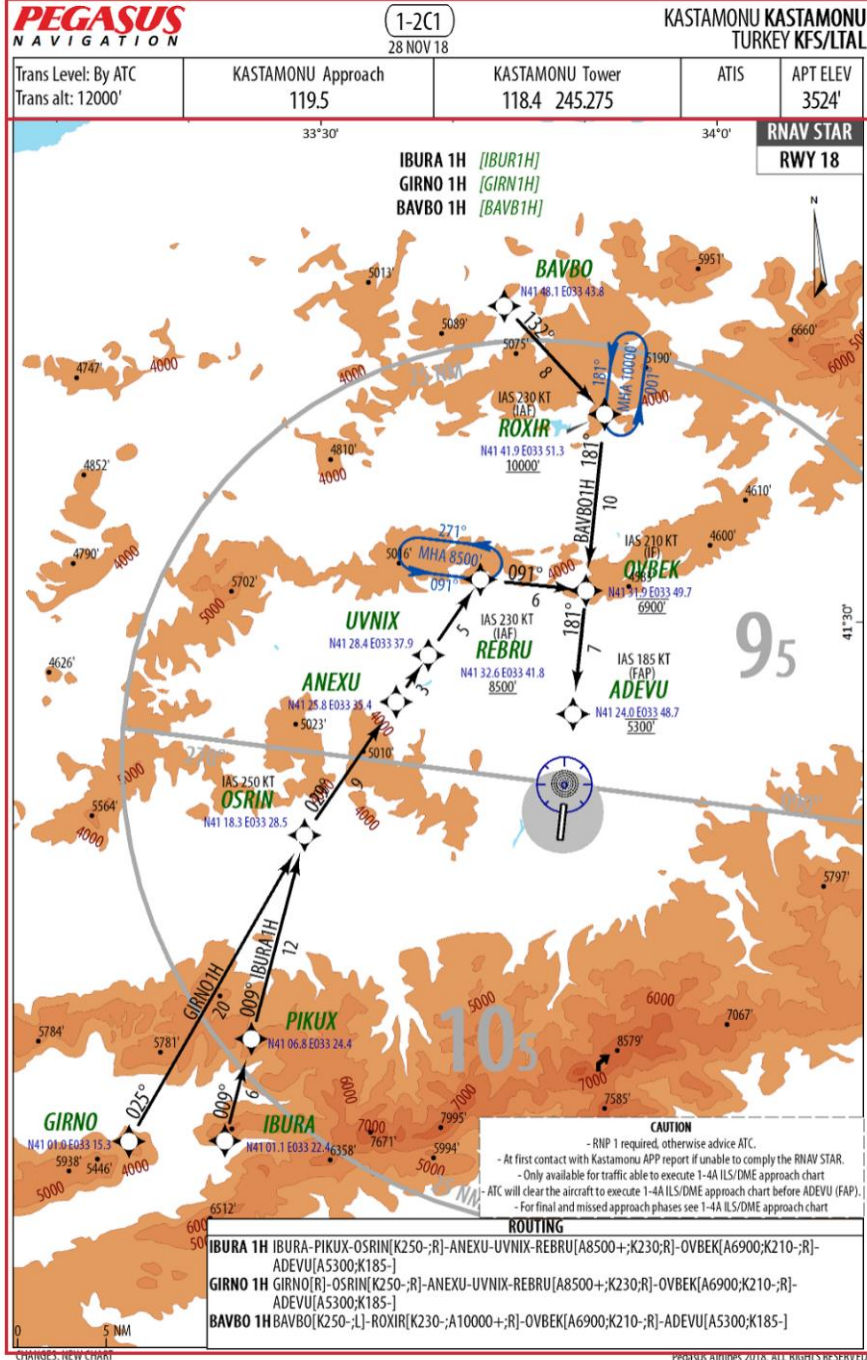
Plan Görünümü

Düşey Profil Görünümü

Minimum Tablosu

Pas Geçiş Tablosu

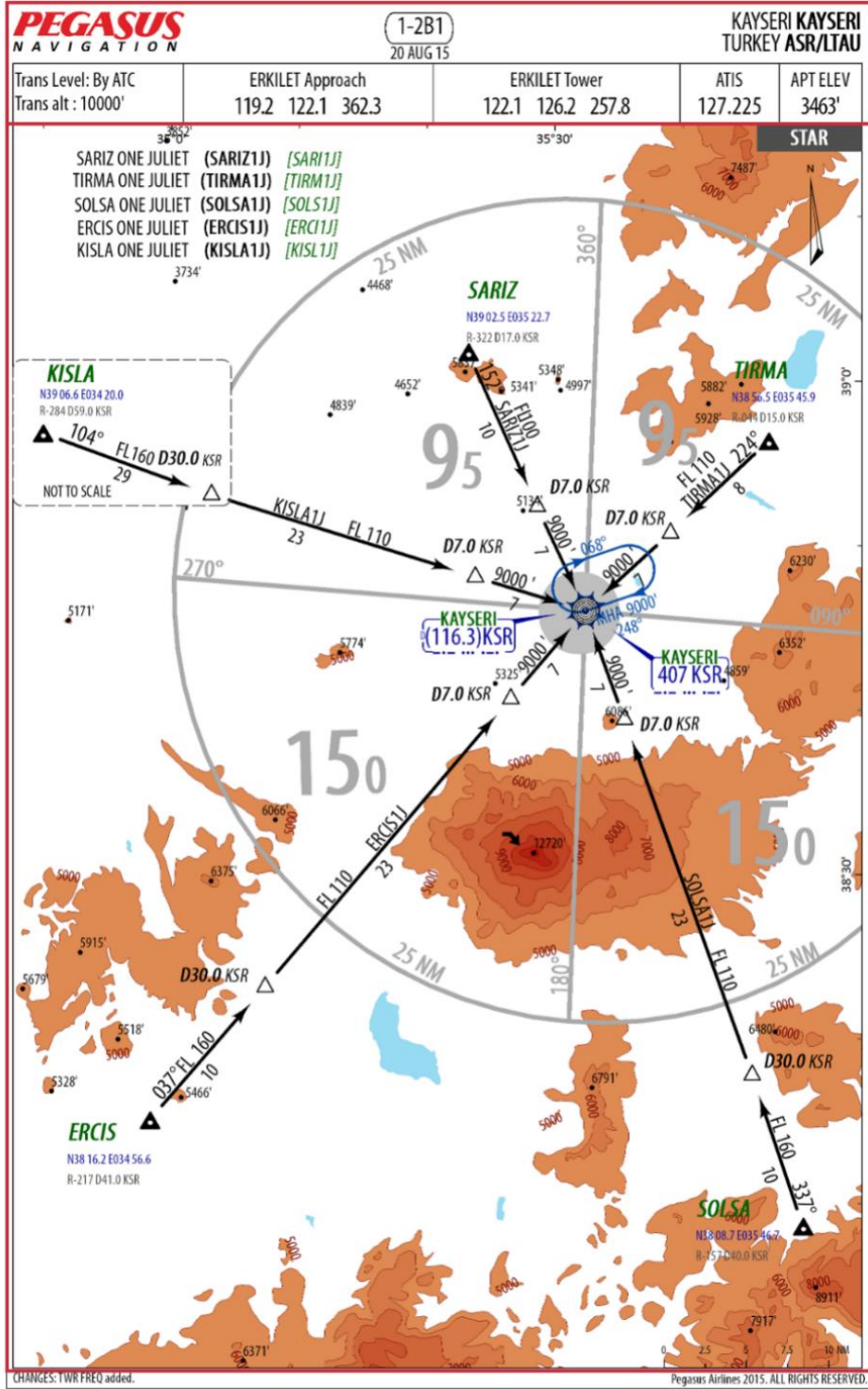
Şekil 2.14 : Yaklaşma haritası sayfa düzeni



İletişim Tablosu

Plan Görünümü

Şekil 2.15 : RNAV geliş haritası sayfa düzeni



İletişim Tablosu

Plan Görünümü

Şekil 2.16 : Konvansiyonel geliş haritası sayfa düzeni

### 2.2.1.1 İletişim tablosu

Uçuş haritalarında en üstte yer alır ve havalimanı ile gerçekleşen iletişimde kullanılması nedeni ile bu şekilde isimlendirilmiştir. İçerisinde havalimanı adı, ilgili şehir ve ülke, havalimanı ICAO, IATA kodu, havalimanında yer alan iletişim

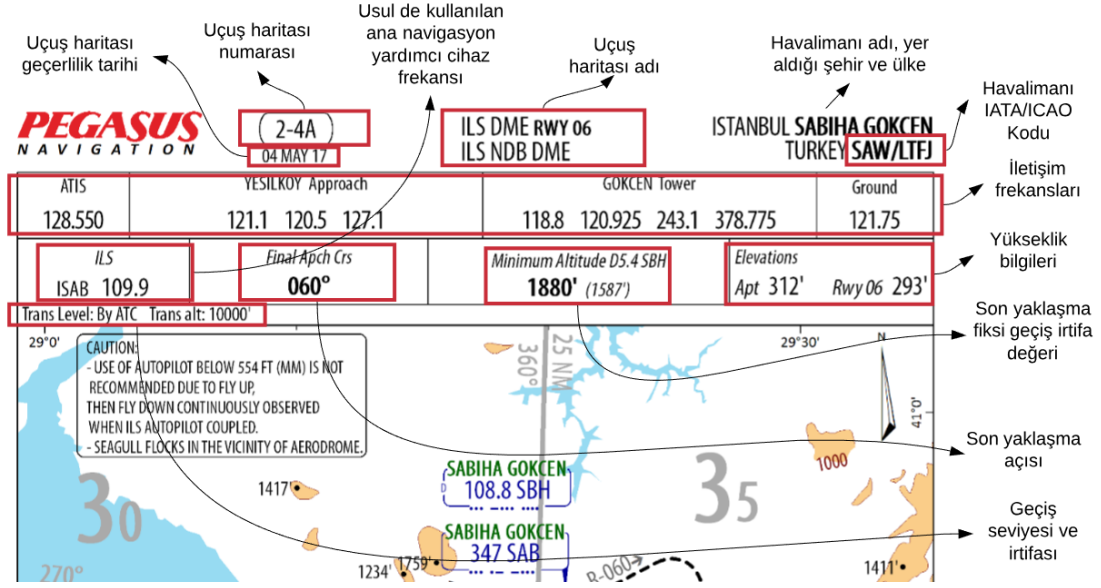
frekansları, yayınlanan havalimanı geçiş seviyesi ve geçiş irtifası ve ek olarak uçuş haritası türüne bağlı olacak şekilde yaklaşma haritalarında son yaklaşma açısı, mevcut ise FAF noktası veya mevcut değil ise son yaklaşma hattındaki yer alan en son fiiks geçiş irtifa değeri yer almaktadır.

Ülke otoriteleri tarafından uçuş haritaları usul türüne göre sıra ile isimlendirilir. Örneğin, kalkış haritaları sırası ile SID-1, SID-2 şeklinde numaralandırılarak AIP’de yer almakla beraber uçuş haritalarında, uçuş planında yer alan veya kule tarafından kullanılması istenilen usul için bu isimlendirme yardımcı olmayacaktır. Proje kapsamında üretilen tüm uçuş haritaları türlerinde kullanıcıya ulaştırılan haritalarda yer alan harita adı üretimi söz konusu usul veya usullerin isimlerinden oluşmaktadır.

Uçuş haritası için ek olarak kullanım kolaylığı sağlama amacı ile her havalimanında aynı standardı koruyarak uçuş haritası türlerine bağlı aranılan usullere hızlıca erişimi sağlayan bir yapı da oluşturulmuştur. Usullere erişim adına üretimi söz konusu tüm türler için numaralandırma yapılmakla beraber yaklaşma haritaları usulde kullanılan yardımcı cihazlara bağlı olarak da kendi içerisinde farklı numaralandırma standardı içerisinde üretilmiştir. Mevcut üretimde yer alan uçuş haritası numaraları aşağıdaki çizelgede yer aldığı gibidir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1 : Uçuş haritası indeks türleri**

İndeks	Harita Türü
0	Havalimanında uçuş haritalarına ek olarak AIP’de yer alan ve havalimanı kullanımı adına ek bilgilerin aktarıldığı doküman
1	Havalimanı haritası
2	Geliş haritası
3	Aletli kalkış haritası
4	ILS bazlı yaklaşma haritası
5	RNAV bazlı yaklaşma haritası
6	VOR bazlı yaklaşma haritası
7	NDB bazlı yaklaşma haritası yaklaşma haritası
8	Görerek yaklaşma ile yapılan haritası
9	Tek motor ile yapılan kalkış
10	Localizer bazlı yaklaşma haritası
11	Özel pas geçme usulleri için tasarlanan uçuş haritası
12	Geliş ve yaklaşma usulleri arasında yer alan geçiş haritası



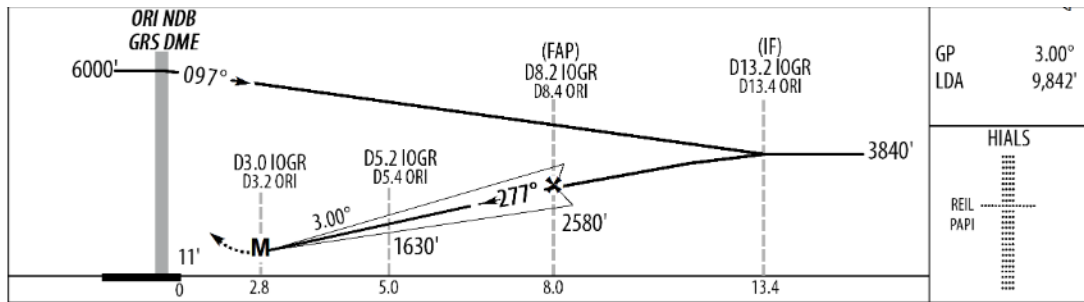
Şekil 2.17 : Yaklaşma haritası iletişim tablosu örneği

### 2.2.1.2 Ölçek

Uçuş haritaları amaçlarına göre standart olarak farklı ölçeklerde yer üretilmektedir. Havalimanı haritaları büyük ölçek, yaklaşma ve ek olarak çoğunlukla kalkış ve geliş haritaları orta ölçek, seyrüsefer haritası ise küçük ölçekli haritalara örnek verilebilir. Uçuş haritalarında ölçek standart olarak yer almakta ve gerekli olduğu hallerde kullanım kolaylığı sağlaması açısından farklı birimleri de içerecek formatlarda da gösterilebilmektedir.

### 2.2.1.3 Profil görünümü tablosu

İniş haritalarına özgü bu tabloda usulün profil görünümü ile birlikte pist veya havalimanı yükseklik değeri, pist LDA değeri ve alçalma açısı, pist ışıkları sembolü ve profil görünüm içerisinde yer alan fikslerde ilgili irtifa ve rol değerleri belirtilmektedir.



Şekil 2.18 : Yaklaşma haritası profil görünümü tablosu örneği



### 2.2.1.4 Minimum tablosu

İniş haritalarında tanımlanan minimum karar irtifaları, bu irtifalarda korunması gerekli pist görüş mesafelerini, turlama limit bilgileri ve turlama esnasında varsa turlamanın yasak olduğu alanları gösterir. İniş haritalarında olduğu şekilde havalimanı haritalarında da pistte varolan ışıklandırma sistemleri varlığına göre kalkış pist görüş mesafelerini içeri minimum tablosu bulunmaktadır. Minimum tablolarında yer alan pist görüş değerleri yaklaşma haritalarında ilan edilen minimum irtifa değerleri, havalimanı haritalarında ise varolan ışıklandırma sistemlerine göre JAA tarafından yayınlanan JAR-OPS regülasyonlarında varolan standart değerleri göstermektedir.

STRAIGHT-IN LANDING RWY 28						CIRCLING			
CAT IIIA	CAT II	CAT I				LOC GP Inoperative	Not authorized at south of aerodrome.		
N/A	N/A	DA(H) 686' (675')				MDA(H) 970' (959')			
		FALS	ALS Out	FALS	ALS Out	FALS	ALS Out	MDA(H)	VIS
C	-							2100' (2089')	2400m
D	-		RVR 2400 m				RVR 2400 m	2100' (2089')	3600m

Şekil 2.19 : Yaklaşma haritası minimum tablosu örneği

### 2.2.1.5 Pas geçiş tablosu

İniş haritalarında ilan edilen karar irtifası veya öncesinde emniyet ve benzeri zorunlu nedenler ile icra edilecek pas geçiş usullerinin tarifinin anlatıldığı varsa bu faz için hız limiti bilgisinin iletildiği tablodur. Tabloya ek olarak altta haritada yapılan değişikliklerin belirtildiği, üretim yılı ve üreticinin yer aldığı notlarda bulunmaktadır.

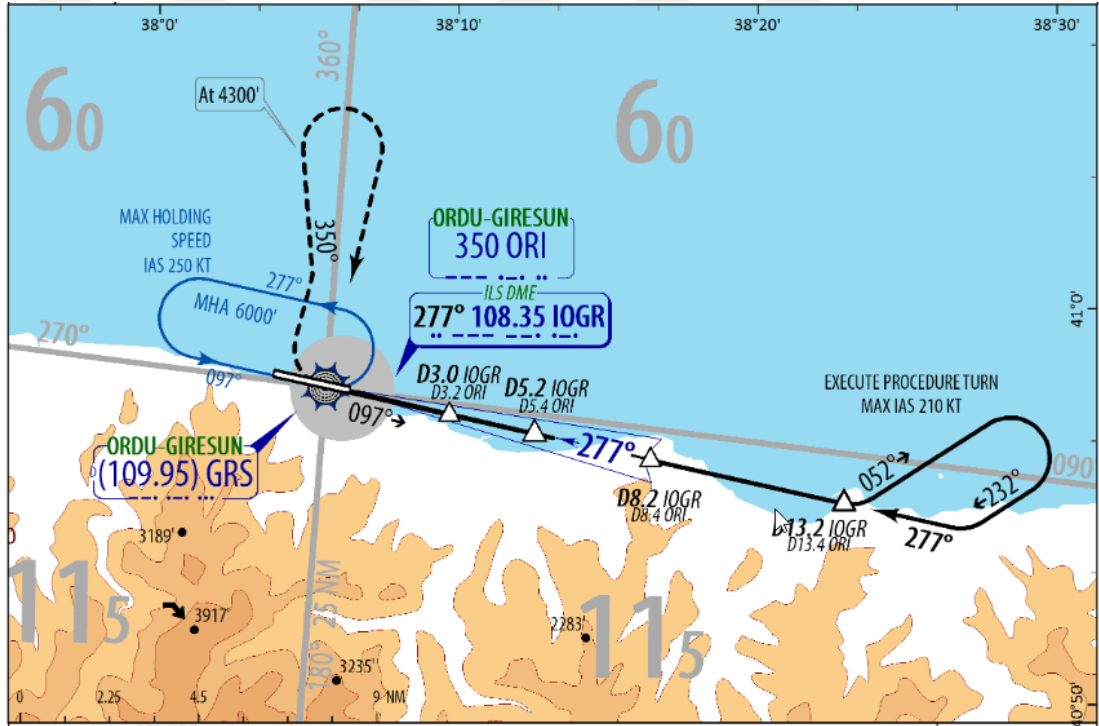
<b>Missed Approach</b>	Max Missed Approach IAS 185 KT	350° from ORI 350 to 4300'
Climb to 750', turn RIGHT, intercept 350° from NDB to 4300', turn RIGHT, proceed to NDB at 6000' and hold.		
CHANGES: ATIS		Pegasus Navigation 2018. ALL RIGHTS RESERVED.

Şekil 2.20 : Yaklaşma haritası pas geçiş tablosu örneği

### 2.2.2 Plan görünümü

Uçuş haritaları için yapılan üretimlerde plan görünümü içerisinde AIP'de yer alan usul, ilgili hava sahaları, DME fiksleri, usul fiksleri, yardımcı cihazlar, turlama dizaynları, usul bacakları, pist ve pist eşikleri, yeryüzü gösterimi için eş yükselti eğrileri, mania yükseklikleri ve su katmanları gösterilmektedir. ICAO, Annex 4 ile havacılık

haritalarında referans koordinat sistemi olarak WGS-84 koordinat sisteminin kullanılmasını önermektedir. Plan görünümü içerisinde ilgili katmanlara belirlenen semboloji ve kartografik gösterim kuralları hazırlanan uygulama aracılığı ile uygulanmaktadır. Plan görünümü içerisinde yer alan katmanların kartografik gösterim kurallarının oluşturulmasında ise ICAO Annex 4 dokümanında yer alan kurallar ile usul kodlamaları esnasında SDO içerisinde belirtilen öznitelikler kullanılmaktadır. Bu şekilde hem kriterlere uygun hem de otomatik şekilde üretim sağlanabilmektedir. Kartografik gösterim kurallarına örnek olarak ICAO Annex 4 dokümanında semboloji ile tarif edilmiş olan fiks işaretleri kuralları verilebilir. Burada nokta üzerinden geçiş zorunluluğu ve noktada varolan raporlama zorunluluğuna bağlı özel işaretler ICAO tarafından belirlenmiştir. SDO içerisinde yapılan ARINC 424 kodlamalarında yer alan bu bilgi kartografik görselleştirme adına kullanılmaktadır.



Şekil 2.21 : Yaklaşma haritası plan görünümü örneği





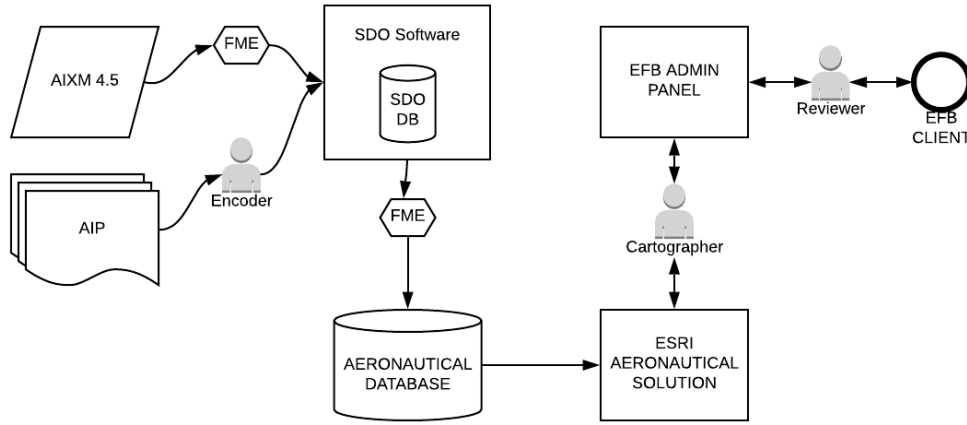
### 3. UÇUŞ HARİTASI ÜRETİM SİSTEMİ

Hava sahaları, uçuş usulleri, seyrüsefer yardımcı cihazlarının tesisi gibi bir uçuşun gerçekleştirilmesi için gerekli olan tüm temel bilgiler ve tesisler ülke otoritelerince sağlanmaktadır. Havalimanları farklı işletmelerce işletilebilse dahi bu işletmelerin tesis ettiği tüm yapılar ve havalimanına operasyon düzenlenmesi için gerekli olan tüm bilgi ülke havacılık otoritesinde toplanır ve yayınlanır. Ülkemizde Devlet Hava Meydanları İşletmesi, hava seyrüsefer ve havaalanı işletme hizmetlerini sunmakla görevli olan kurumdur.

Ülkemiz hava sahasında gerçekleşecek değişiklikleri uluslararası standartlar gereğince baz alınan AIRAC tarihlerine uygun şekilde DHMİ'nin ürettiği havacılık bilgi yayınları ve buna ek olarak üyesi olduğu EUROCONTROL organizasyonu çerçevesinde Avrupa havacılık veritabanında yine uluslararası standart olarak kabul edilen AIXM formatında elde etmek mümkündür. Üretim için gerekli havacılık bilgisi, AIP, AIXM formatlarına ek olarak ilgili havacılık otoritesi ve hava meydanları tarafından NOTAM olarak da yayınlanabilir. Tüm bu ham verilerin ışığında gerekli olan analiz ve kontroller sağlanarak, eksiklik olması durumunda ilgili yayınlar bazlı sayısal formatı üretilerek sistemde uçuş haritası üretimi için gerekli ve yeterli bilgi toplanmış olmaktadır.

Uçuş haritası üretimi sistemi tesisi için halihazırda üretim yapmakta olan firmalar, DHMİ, EUROCONTROL gibi otoriteler gezilirken kullanılmakta olan mevcut sistemler incelenmiş, üretim sisteminin kurulması adına da günümüzde varolan mevcut teknolojiler yapılan ziyaretler ve katılınan etkinliklerde değerlendirilmiştir. Uçuş haritası üretiminde CAD tabanlı çizim programları kullanıldığı gibi tez kapsamında geliştirilen CBS altyapısı üzerine bina edilmiş sistemler de bulunmaktadır. Uçuş haritası üretimi AIRAC bazlı yılda 13 kez otoritelere ülkelerinde yer alan tüm havalimanları ölçüsünde bir üretim yükü getirirken ve otorite yayınlarını kullanan özel firmalara da müşterileri olan havayolu şirketlerinin uçuş ağlarına hizmet verebilecek kapsamda bir yük getirmekle beraber tez kapsamında sistem tesisi aşamasında kazanılmış olan tecrübeler ışığında en uygun ve hazır sistemin CBS

altyapısı üzerinde koşacak olan ESRI Aeronautical Solution olduğu görölmüş ve gerekli diğer sistem bileşenleri de aşağıda yer alan diyagramda yer aldığı şekilde oluşturulmuştur (şekil 3.1).



**şekil 3.1** : Uçuş haritası üretim sistem bileşenleri

Diyagram üzerinde yer alan bileşenler dört ana kısım altında toplanabilir. İlk kısım veri kaynağı olarak kullanılmak üzere havacılık veri aktarım modeline uygun şekilde tasarlanan SDO uygulamasıdır. Bu uygulama aracılığı ile veri depolanması, üretimi, kontrolü gibi temel fonksiyonlar sağlanmıştır.

İkinci kısım, tüm üretim sürecinin kontrolü ve takibinin sağlandığı EFB Admin Panel uygulamasıdır. Bu uygulama aracılığı ile üretim bandında yer alan tüm kullanıcı rolleri belirlenir, süreç başlatılır, süreçler ilerledikçe ilgisine iletim sağlanır, son kullanıcıdan gelecek geri bildirimler takip edilebilir, sonuç ürünler yayınlanmak üzere AIRAC döngüsü veya ilan edilen yayın tarihi bazlı veritabanları içerisinde paketlenerek son kullanıcıya iletilebilir. Özetle, EFB Admin Panel sistem içerisinde baştan sona tam hakimiyetin sağlandığı ana yönetim platformudur.

Üçüncü kısım, ESRI firması tarafından geliştirilen ve üzerinde kartografik üretimlerin sağlandığı Aeronautical Solution uygulamasıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri denildiğinde alanda ilk akla gelen firmalardan biri olan ESRI, havacılık alanında da proje kapsamında varolan üretim ihtiyacına cevap verebilecek en hazır uygulamaya sahip olması nedeni ile seçilmiştir. Açık kaynaklı veya diğer coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları halihazırda hâlâ havacılık alanında bu denli büyük yatırımlar yapabilmiş değildir veya büyük üretim bantlarına ulaşmamışlardır. FAA gibi büyük bir üretim

bandında ana çözüm olarak kullanılmakta olan ESRI, ArcMap uygulaması üzerine geliştirdiği havacılık çözümü ile proje bileşenleri içerisinde ana üretim motoru olarak yer almış ve geliştirilebilir yapısı ile hızla üretim yapabilme imkanı sunmuştur.

Üretim ve yönetim bileşenlerinden sonra son kullanıcıya ürünü ulaştırmak için tasarlanan, proje kapsamında canlıya alınmış ve projenin kapsamında üretilmiş olsa da ana üründen daha fazla kullanıma geçmiş olan EFB Client uygulaması dört ve son ana bileşen olarak sistem içerisinde yer almıştır. Tüm sistemlerde üretim son kullanıcı tarafına ulaştırılmadıkça anlamlı değildir ve çıkan ürünü proje kapsamında kullanıcıya iletirken aynı anda teknolojik ve teknik olarak da üstün bir ürün olan EFB Client uygulaması da hayata geçirilmiştir.

### **3.1 Sayısal Navigasyon Verisi Yönetimi - SDO**

Uçuş haritası üretim sistemi için ilk incelenen kısım halihazırda temin edilebilecek sayısal navigasyon verisi ve havacılık bilgi yayınlarıdır. Yapılan araştırmalar kapsamında standart olarak benzer üretim bantlarında da yer alan SDO uygulaması ilk olarak tasarlanmıştır. SDO, proje kapsamında havacılık bilgi aktarım modeli içerisinde yer alan veri tabloları üzerinde gerekli olan üretim, güncelleme veya silme gibi temel işlemlerin yapılabilmesini sağlar. Otoriteler ürettikleri yayınlara ek olarak havacılık verilerinin sayısal halini uluslararası standartlar ile korunan EUROCONTROL gibi ortak havuzlara da SDO sistemleri üzerinden eklerler. Bu şekilde bu sistemlere üye tüm ülkelere ait havacılık verisine aynı standartlarda ve sayısal formatta ulaşabilme imkanı mevcut olmaktadır.

SDO, uçuş haritası üretimi sistemi içerisinde otoritelerden temin edilen sayısal verinin AIXM 4.5 modeline uygun şekilde kontrolünün yapıldığı ve gerektiği durumlarda sayısal veri üretiminin sağlandığı yegâne veri depolama ve üretim platformudur. AIXM 4.5 modeli baz alınarak oluşturulan postgresql veritabanında veri üretimi ve kontrolü gibi sistemin ana ham maddesinin temini basamağında kullanılmaktadır. Tez kapsamında ülkemiz adına gerçekleştirilen uçuş haritası üretimi safhalarında DHMİ'nin EUROCONTROL SDO sisteminde üretmiş olduğu veriler AIXM formatında temin edilmiş ve üretimin ana kaynağı olarak kullanılmıştır.

Uçuş haritaları içerisinde üretimi söz konusu navigasyon yardımcı cihazları, havalimanı usulleri, usullere ait fiks noktaları, minimum sektör irtifaları, hava sahaları gibi birçok katman bulunmaktadır ve halihazırda hepsine ait otoritenin havacılık bilgi yayınları dışında SDO sisteminde de üretilmiş olan sayısal veriler mevcuttur. Bu veriler 28 günlük AIRAC döngüsü bazlı olarak AIXM 4.5 formatında her AIRAC gününde EUROCONTROL tarafından talebimize istinaden yayınlanmaktadır ve sistemden indirilen sayısal veri bir dönüşüm aracı olan FME tarafından SDO sistemimizin üzerinde çalıştığı postgresql veritabanına aktarılmaktadır.

**Çizelge 3.1 : 2019 - 2024 yılları AIRAC geçerlilik günleri**

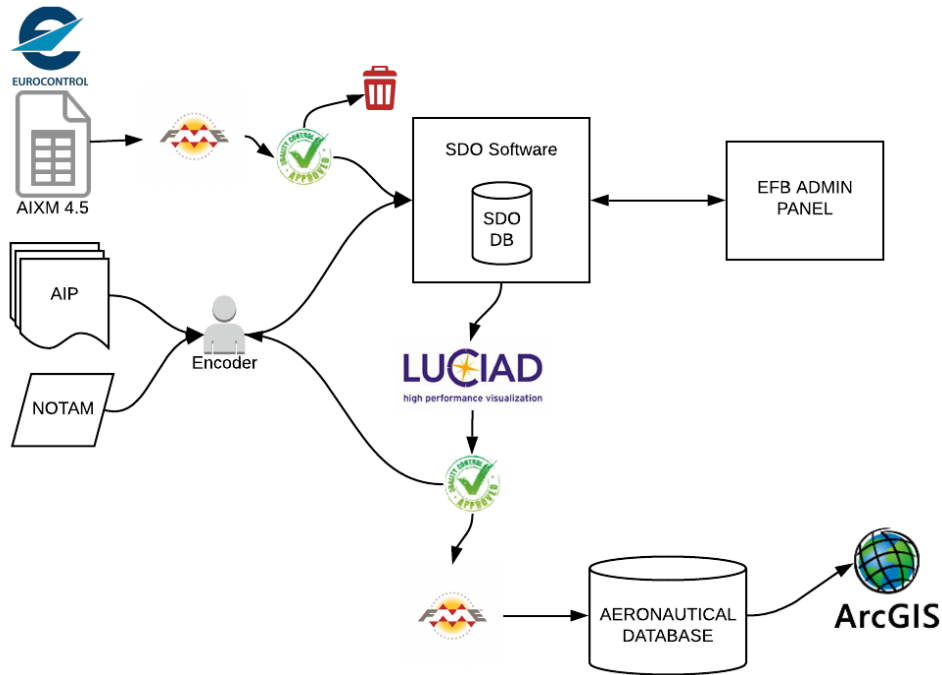
#	2019	2020	2021	2022	2023	2024
01	03-01	02-01	28-01	27-01	26-01	25-01
02	31-01	30-01	25-02	24-02	23-02	22-02
03	28-02	27-02	25-03	24-03	23-03	21-03
04	28-03	26-03	22-04	21-04	20-04	18-04
05	25-04	23-04	20-05	19-05	18-05	16-05
06	23-05	21-05	17-06	16-06	15-06	13-06
07	20-06	18-06	15-07	14-07	13-07	11-07
08	18-07	16-07	12-08	11-08	10-08	08-08
09	15-08	13-08	09-09	08-09	07-09	05-09
10	12-09	10-09	07-10	06-10	05-10	03-10
11	10-10	08-10	04-11	03-11	02-11	31-10
12	07-11	05-11	02-12	01-12	30-11	28-11
13	05-12	05-12	30-12	29-12	28-12	26-12
14		31-12				

SDO, AIRAC bazlı uçuş haritası üretimi ham verisinin saklandığı ana yapı olmakta beraber AIP bazlı sayısal verinin kontrolü, AIRAC bazlı değişimlerin takibi ve eksikliklerin üretilmesi gibi yardımcı işlevler de sağlamaktadır. Otoritelerin birçok havacılık verisi yayın aracı bulunmaktadır ve tüm veriler sadece AIP içerisinde yer almayabilir. AIP üretimleri AIRAC bazlı olduğu için otoriteler bu bilgileri 56 gün gibi AIRAC adına uygun belirli tarihlerde sisteme iletmek durumundadırlar ancak

havalimanında yaşanan öngörülemeyen bir gelişme olması veya bir mecburiyet oluşması durumunda havalimanları NOTAM ile güncel ve AIRAC sürelerine göre çok daha kısa süreli olabilecek bilgileri de yayımlayabilirler. NOTAM, otorite ve hava meydanlarınca mevcut en güncel durumu iletmek adına yayınlanmaktadır. Havayolu operatörlerinin takibinde oldukları bu gibi durumlarda uçuş haritalarını temin ettikleri gibi hizmet sağlayıcılar üzerinden de bu bilgilere erişmeleri, operasyonda yer alan ekibin uyarılması ve konu hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmaktadır ancak bu bilgi genellikle uçuş haritaları içerisinde yer alan ve uçuş ekibine ulaştırılması gereken ana konuları da kapsamaktadır. Bu anlamda uçuş haritalarının üretimi için yegâne kaynak AIP olmakla beraber buna AIRAC yayın tarihi öncesi, bir AIRAC döngüsü zamanından daha uzun ve AIP içerisinde yer almamış bir durum söz konusu olduğunda NOTAM'da eklenebilmektedir. Benzer şekilde AIP içerisinde yer alan AIRAC tarihleri dışı ek yayınlarda üretim adına kaynak olarak olabilmektedir.

### 3.2 Uçuş Haritası Üretiminde Sayısal Navigasyon Verisinin Temini

Proje kapsamında uçuş haritası üretimi için gerekli sayısal navigasyon verisinin üretilmesi için ülke otoritelerinin yaptıkları yayınlar ve ürettikleri ham AIXM verisi kullanılmaktadır. Bu kapsamda AIXM 4.5 formatına uygun bir veritabanı ile bu



Şekil 3.2 : Sayısal navigasyon verisi üretim basamakları

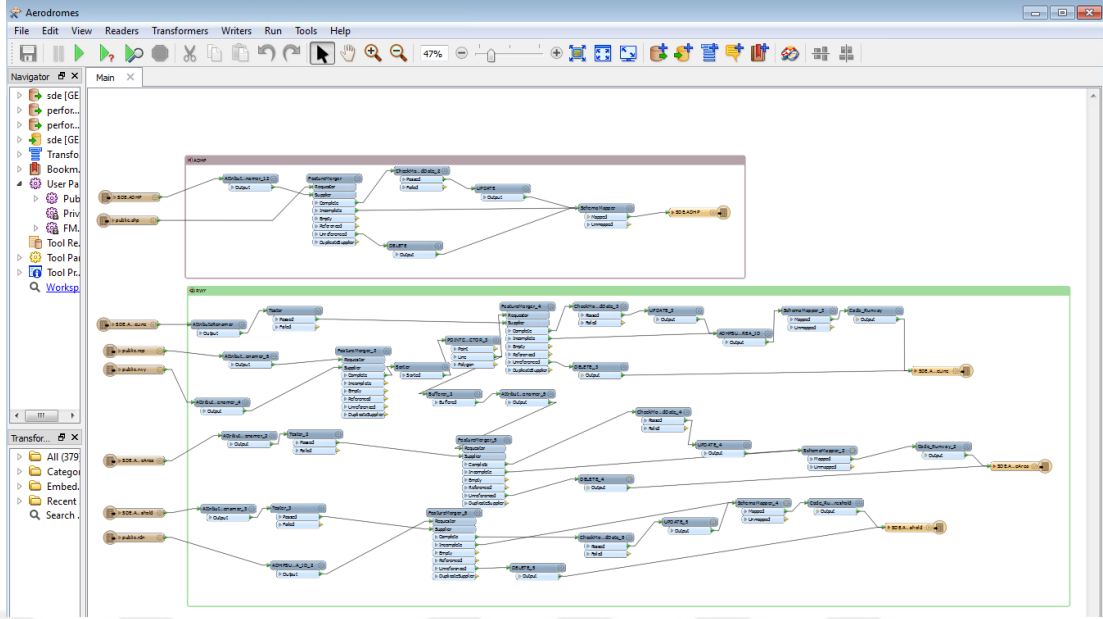
veritabanındaki verilerin kullanımı ile uçuş haritası üretimi için tüm sayısal veriyi sağlama amaçlı bir web uygulaması olan SDO sistemi yazılmıştır ve AIRAC döngüsü bazlı olarak EUROCONTROL SDO sistemi üzerinden veri temini sağlanmaktadır.

### **3.3 Sayısal Navigasyon Verisi Aktarımı**

Uçuş haritası üretimi için proje kapsamında ihtiyaç duyulan temel sayısal navigasyon verisi günümüzde 41 üye ülke otoritesinin yer aldığı Avrupa Hava Sahası adına hizmet vermekte olan EUROCONTROL – Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı’ndan havacılık veri aktarım modeli bazlı temin edilmektedir. Uçuş haritaları içerisinde üretimi söz konusu birçok katman adına SDO veritabanında açılmış olan tablolara aıxm tabanlı sayısal navigasyon verisinin aktarımı birçok farklı veri tipini okuyabilme, bu veriler üzerinde gerekli görülen işlemleri gerçekleştirebilme ve birçok farklı sisteme yükleme olanağı sunarak alanında lider ETL aracı olan FME üzerinde gerçekleştirilmiştir.

EUROCONTROL tarafından sağlanan ve üye ülkelerin havacılık bilgi yayınları, NOTAM yayınları, sayısal navigasyon verileri gibi temel birçok veriye erişimi sağlayan EAD Explorer uygulaması ile tanımlanan VPN bağlantısı üzerinden sağlanmaktadır. Uygulama aracılığı ile IFS arayüzüne ulaşılır ve üretim adına talep edilmiş AIRAC döngüsü bazlı otomatik üretilen veriler sistemden indirilir. Sayısal navigasyon verisi AIRAC döngüsü bazlı otomatik üretilbildiği gibi talep edilen tarih bazlı efektif olan ilgilenilen tablolara yönelik veriler de temin edilebilmektedir.

AIXM havacılık bilgi servisleri kapsamında sağlanan navigasyon verisinin sayısal formatta temin edilebilmesi amaçlı oluşturulmuştur. Havacılık veri akışı karmaşık bir yapıda ve birçok farklı istem üzerinden sağlanmaktadır. Üretim ve tüketimi safhalarında birçok farklı aktörün yer aldığı ve giderek artan bir talebin söz konusu olduğu havacılık verisi için gerekli ihtiyacı yüksek veri kalitesi ile karşılamak ancak oluşturulan bu model ile sağlanabilmiştir. Halihazırda 4.5 ve 5.1 olmak üzere iki farklı model bulunmaktadır. Proje kapsamında AIXM 4.5 modelinde üretim sağlanmıştır.



Şekil 3.3 : ETL aracı model örneği

### 3.4 Sayısal Navigasyon Verisi Üretimi

Birçok devlet otoritesi EUROCONTROL gibi organizasyonlara üye olarak AIP üretimlerinin yanı sıra ilgili verileri sayısal olarak erişilebilir kılmıştır. Bununla birlikte organizasyonlar aracılığı ile sayısal navigasyon verilerine erişim sağlanılamayan ülkeler veya sisteme üye olsa dahi belirli verileri sayısal olarak sisteme eklemeyen ülkeler olması nedeni ile sistemde olmayan verilerin temininin AIP dokümanları ile sağlandığı durumlar da olmaktadır (Şekil 3.4)

Proje kapsamında ülkemiz adına DHMI'nin EUROCONTROL SDO sistemine eklemiş olduğu sayısal navigasyon verileri temin edilmekte ve söz konusu veri içerisinde minimum sektör irtifaları, havalimanları, havalimanları ile ilişkili pist bilgileri, pistler ile ilgili aletli alçalma sistemleri cihazları, seyrüsefer yardımcı cihazları, pist eşik ve pist bilgileri, bekleme usulü ve usul fiks noktaları gibi uçuş haritaları içerisinde yer alan birçok ana katman temin edilebilmekte ve SDO sistemi üzerinde işlenerek uçuş haritaları üretiminde coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olarak kullanılmakta olan ArcGIS programı içerisinde aktarımlar sonrası işlenerek son çıktı olan uçuş haritası üretimi sağlanabilmektedir. Uluslararası sivil havacılık organizasyonlarının günümüzde ulaştırmış olduğu mevcut sistem teknoloji ile birleştiğinde üretim birçok anlamda otomasyona dönüştürülebilmekte ki bu da hatasız üretim, zaman kazanımı ile genel anlamda verim olarak geri dönüş sağlamaktadır.

Proje kapsamında otoritelerden temin edilemeyen veriler olduğu gibi üretimi ihtiyacı söz konusu olduğunda sayısal navigasyon verisine ulaşım sağlanılamayan ülkeler de olmuştur. Halihazırda ülkemiz uçuş haritalarının üretimi sağlanan ana üretim bandında eksikliği söz konusu olan ana veri usul kodlamalarıdır. Bir usulün nasıl icra edilmesi gerektiğini, takip edilecek fiksler, bu fikslerde varolabilecek hız, irtifa limitleri, bekleme süreleri, yaklaşma usulleri için pas geçme tarifleri, usul performansını etkileyen kanat eğiklik açısı, dönüş yarıçapı gibi aslında diğer tüm yardımcıları ile oluşturulmak istenen ve takip edilecek rota katmanı olan usul bacakları ülkemizde AIXM içerisinde henüz temin edilememektedir.

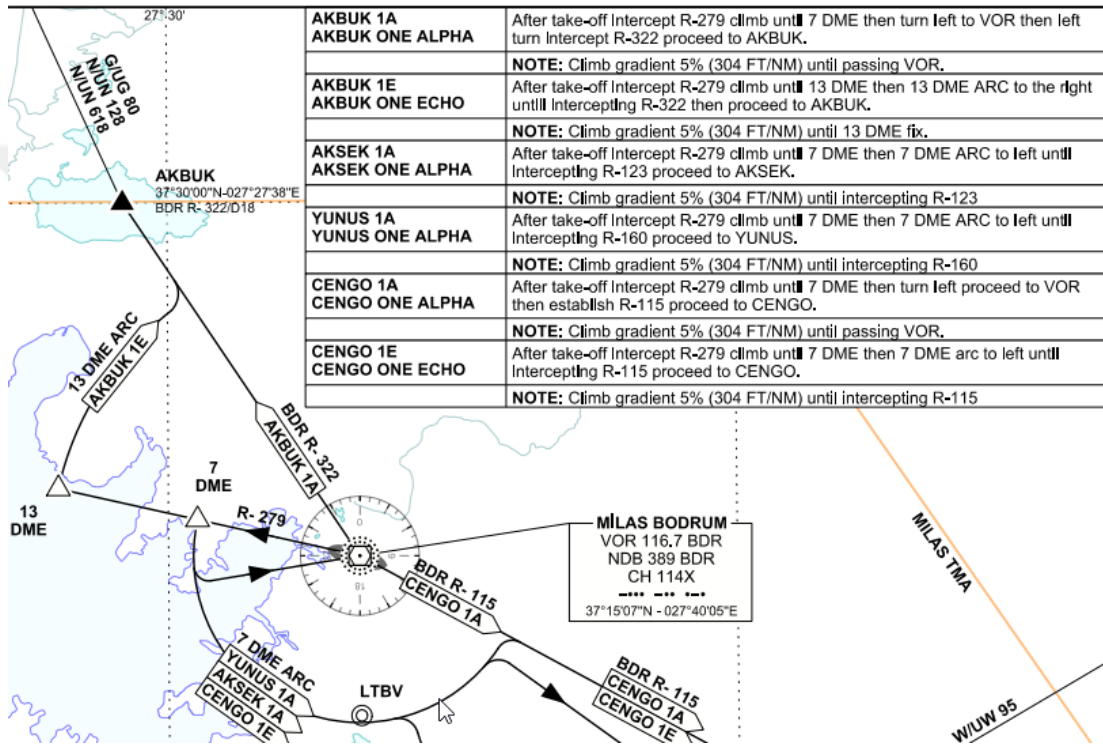


**Şekil 3.4 : ECAC üye ülkeleri**

SDO sistemi sayısal olarak temin edilen verilerde AIP bazlı kontrol sonrası gerekli hallerde düzeltme veya sayısal navigasyon verisinin temin edilemediği hallerde üretim amaçlı olarak AIXM 4.5 modeline uygun şekilde tasarlanmıştır. Birçok katman ile ilgili veriler sayısal olarak mevcut olsa da ana katman ve uçuş haritalarının iletmekte olduğu ana mesaj olan usulün nasıl icra edileceği, usul tarifinin yer aldığı usul bacakları ülkemiz kapsamında yapılmakta olan üretimler için AIXM verisi içerisinde yer almamaktadır veya sadece belirli usul türleri için yer alabilmektedir. Havacılık uçuş sistemleri gelişimi esnasında navigasyon, ilk etaplarda kullanılan konvansiyonel sistemlerde uçağın yersel bir yardımcı cihaza belirli bir frekans ile bağlanmasından sonra bu cihazdan alınan mesafe, doğrultu gibi bilgiler ile sağlanırken günümüzde

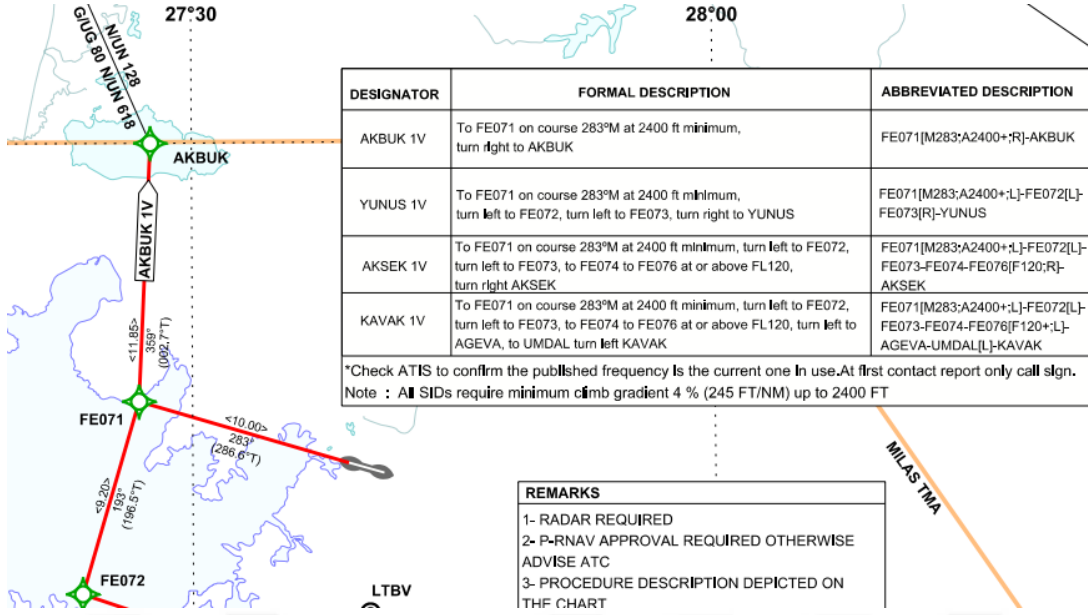


gelişmiş olan teknoloji ile birlikte uçaklarda da yer alan GPS sistemleri sayesinde RNAV usuller ile yersel bir cihazın konumuna bağlı kalmayı gerektirmeden, daha kısa sürelerde ve de daha düşük hata toleransları ile gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3.5, Şekil 3.6). RNAV uçuş usulleri her geçen gün havalimanlarında yaygın şekilde kullanılmaya devam etmektedir ve bu usulün sayısal navigasyon verisi içerisinde ARINC 424 kod standardında kodlanabilmesi konvansiyonel usullere göre çok daha kolay ve açıktır.



Şekil 3.5 : Konvansiyonel kalkış usulü [18]

Uçuş haritası üretimi ne kadar değerli ve sayılı firma tarafından sağlanabilen bir üretim ise aynı değeri sayısal navigasyon verisi üretimi adına da düşünebilek mümkündür. Uçak ve ilgili aviyonik sistemler yurt dışı merkezli sayılı firmalar ile üretilirken bu alanda da ülkemizde üretim gerçekleştiren farklı bir firma bulunmamaktadır. Tasarlanan yapı ile çizim yapılmadan harita üretiminin sağlandığı sistem ile ARINC 424 veri üretimi anlamında da ciddi tecrübe elde edilmiştir. Sayısal navigasyon verisi tüm hava operatör firmalarının olmazsa olmaz temel ihtiyaçlarının başında yer alan ilk birkaç kalem içerisinde yer almaktadır ve bu veri üzerine servis sağlayıcı firmalar ile aynı dili konuşabilmek bile değerli iken proje kapsamında özel durumlar adına üretimler dahi söz konusu olmuştur.



Şekil 3.6 : RNAV kalkış usulü [19]

Ülkemiz uçuş haritaları üretimi kapsamında ilerleyen proje süresince sayısal olarak temin edilebilmiş usul bacağı sayısal verisi sadece RNAV usullere aittir ve RNAV usul sayıları artması ile beraber EUROCONTROL üzerinden temin edilen usul bacağı sayısal verisi de artmaktadır. Uçuş haritası üretimi sisteminin de ana verisi denilebilecek ve birçok kartografik görselleştirme ile ilgili birçok veriyi içerisinde barındıran bu katman için ARINC 424 kod standardında giriş yapılabilmesini sağlayacak yapı SDO sistemi üzerinde oluşturulmuştur. AIXM aracılığı ile gelen usul bacağı verisi sağlıklı bulunmayarak proje kapsamındaki tüm üretimlerde, ilgili usul kodları SDO üzerinde encoder görevi ile atanan sorumlu aracılığı ile kodlanmıştır.

SDO | Pending Imports User: celik - Last Login: 09/03/2019 10:35 | Logout

Seq	Phase	Type	Fix	Center	Recommended	Course Angle	Course Type	Turn	Fly-by	Interpretation of Vertical D
1	10	2	IF	ANK (NDB)						LA
2	20	2	CF	ACD02 (DPN)	IAKR (DME)	32	MT			L
3	30	2	CF	ACA01 (DPN)	IAKR (DME)	32	MT			L
4	40	Z	CF	BUK (VOR)	IAKR (DME)	33	MT			LA
5	50	Z	CA			59	MT	R	N	LA
6	60	Z	DF	BUK (VOR)				L		L
7	70	Z	HM	BUK (VOR)		212	MT	L	N	LA
8										

Şekil 3.7 : SDO usul kodlamaları örneği

AIP baz alınarak sıra bazlı ARINC 424 kod standardında gerekli kısıt ve AIP üzerinde belirtilen bilgiler baz alınarak AIXM ile temin edilemeyen usul bacağı bilgilerinin de üretilmesi ile uçuş haritası üretimi için gerekli ve yeterli veri sağlanabilmiştir.

### 3.5 Sayısal Navigasyon Verisi Kontrolü

Hem otoriteler aracılığı ile sisteme akan ve AIXM formatında temin edilen sayısal navigasyon verilerinde, hem de sisteme encoder olarak atanan sorumlu aracılığı ile eklenen AIP bazlı manual veri girişlerinde verinin kontrolü SDO üzerinde geliştirilmiş farklı araçlar ile sağlanmaktadır.

İlk etapta AIRAC bazlı her 28 günde bir alınan sayısal navigasyon verisinin incelenmesi gerekir ise ham AIXM verisi önce SDO üzerinde ara bir tabloya yazılmaktadır. Bu ara tabloya yazılma işlemi ile beraber SDO içerisinde oluşturulan pending imports – onay bekleyen aktarım sekmesi altına alınmaktadır. Burada aktarım ile gelen tüm nesnelere için ilgili AIRAC ile gelen modifikasyon türüne göre işlem yapılmaktadır. AIRAC bazlı temin edilen verilerin için mevcut modifikasyon türleri;

- Insert (I): Genel yeni nesnenin eklenmesi,
- Update (U): Varolan kayıt içerisindeki özneliklerin değiştirilmesi,
- Delete (D): AIRAC ile yürürlükten kaldırılan nesnenin silinmesi şeklindedir.

AIXM içerisinde gelen güncellemeler nesne bazlı yaşayan ClientKeyId sütunu aracılığı ile I, U, D kodlarına göre ilgili tablolara aktarılmaktadır.

SDO | Pending Imports User: celik - Last Login: 09/03/2019 13:03 | Logout

Modification Type	Client Key Id	Matched Feature	Similarity	
<input type="checkbox"/>	U	<AhpUid><codeId>LTFJ</codeId></AhpUid>	<AhpUid><codeId>LTFJ</codeId></AhpUid>	% 100 <input type="button" value="E"/>
<input type="checkbox"/>	U	<AhpUid><codeId>LTBQ</codeId></AhpUid>	<AhpUid><codeId>LTBQ</codeId></AhpUid>	% 100 <input type="button" value="E"/>
<input type="checkbox"/>	U	<AhpUid><codeId>LTFE</codeId></AhpUid>	<AhpUid><codeId>LTFE</codeId></AhpUid>	% 100 <input type="button" value="E"/>

Şekil 3.8 : Kontrol için bekleyen AIRAC AIXM nesneleri

Bu aktarım esnasında ise SDO sistemi ek olarak ClientKeyId bazlı sistemde varolan veri ile AIRAC bazlı geçici tablo içerisinde alınan verileri benzerlik oranına göre

eşleştirmektedir. AIXM içerisinde varolan tablo ClientKeyId sütunlarında nesnelerin kimi zaman koordinat bilgileri kimi zaman havalimanı ICAO kodu gibi sözel verileri aracılığı ile kurulmuş olan yapı her ne kadar eşleşme adına problemlili bir yapı yaratmakta ise de buna en uygun çözüm sistemde varolan ve AIRAC bazlı gelen verilerin ClientKeyId bazlı sütun eşleşmeleri oranları üzerinden işlem yapılması olarak uygun görülmüştür.

Modification Type	Client Key Id	Matched Feature	Similarity
U	<AhpUid> <codeId>LTFJ</codeId> </AhpUid>	<AhpUid> <codeId>LTFJ</codeId> </AhpUid>	% 100
U	<AhpUid> <codeId>LTBQ</codeId> </AhpUid>	<AhpUid> <codeId>LTBQ</codeId> </AhpUid>	% 100
U	<AhpUid> <codeId>LTFE</codeId> </AhpUid>	<AhpUid> <codeId>LTFE</codeId> </AhpUid>	% 100

Commit Selected Filter Remove Filter Discard Selected

Pending Import:		Matched Feature:	
Field	Value	Field	Value
clientKeyId	LTFJ	clientKeyId	LTFJ
codeId	LTFJ	codeId	LTFJ
txtName	ISTANBUL/SABIHA GOKCEN	txtName	ISTANBUL/SABIHA GOKCEN
codeICAO	LTFJ	codeICAO	LTFJ
codeIATA	SAW	codeIATA	SAW
codeType	AD	codeType	AD
txtDescrRefPt	BTN TWY L and TWY M	txtDescrRefPt	BTN TWY L and TWY M
geoLat	405354N	geoLat	405354N
geoLong	0291833E	geoLong	0291833E
codeDatum	WGE	codeDatum	WGE
valGeoAccuracy		valGeoAccuracy	
uomGeoAccuracy		uomGeoAccuracy	
valElev	312	valElev	312
valElevAccuracy		valElevAccuracy	
valGeoidUndulation	120	valGeoidUndulation	120
uomDistVer	FT	uomDistVer	FT
valCRC	CD06E429	valCRC	CD06E429
txtVerDatum		txtVerDatum	
txtNameCitySer	ISTANBUL	txtNameCitySer	ISTANBUL
txtDescrSite	35 km. SE of Istanbul.	txtDescrSite	35 km. SE of Istanbul.
valMagVar	5.4	valMagVar	5.4
dateMagVar	2017	dateMagVar	2017
valMagVarChg	0.1	valMagVarChg	0.1
valRefT	28	valRefT	28
uomRefT	C	uomRefT	C
txtNameAdmin	HEAS AIRPORT MANAGEMENT/AERONAUTICAL INDUSTRIES INC.	txtNameAdmin	HEAS AIRPORT MANAGEMENT/AERONAUTICAL INDUSTRIES INC.
txtDescrAcl	At Apron 1 94M At Cargo Apron 95M. At General Aviation Apron 94M At Deicing Apron 90M.	txtDescrAcl	At Apron 1 94M At Cargo Apron 95M. At General Aviation Apron 94M At Deicing Apron 90M.
txtDescrSryPwr	Secondary power supply to all lighting at AD switch-over time: 0 SEC.	txtDescrSryPwr	Secondary power supply to all lighting at AD switch-over time: 0 SEC.
txtDescrWdi		txtDescrWdi	
txtDescrLdi		txtDescrLdi	Between TWY D and RWY, Lighted.
valTransitionAlt	10000	valTransitionAlt	10000
uomTransitionAlt	FT	uomTransitionAlt	FT
mid	4588578	mid	4588578
txtRmk		txtRmk	

Type / Role	Field	Value

Şekil 3.9 : AIRAC bazlı AIXM verisi kontrolü

Bu eşleşme sayesinde gelen kayıt sayısı çok büyük bir sayı olsa dahi belirli bir eşik değeri üzerinde olan veya %100 eşleşen çoğu kayıt sisteme direkt aktarılabilir ve üretim basamağına geçiş için hız kazanılmaktadır.

Sayısal navigasyon verisine ulaşılamamış ve de AIP bazlı yayınlardan manuel kodlanmış veri için ise iki farklı kontrol yapısı SDO içerisine kodlanmıştır. SDO içerisine sayısal olarak EUROCONTROL bazlı AIXM verisi ile akmayan ve uçuş haritası üretiminde temel katman olarak görülebilecek veri usul bacağı verileridir ve

bu ana veri için hem kodlama esnasında hem de kodlama sonrası iki farklı kontrol mekanizması mevcuttur. Encoder olarak sistemde en çok yapılan veri girişi de ülkemiz sayısal navigasyon verisi göz önünde bulundurulduğunda usul bacaklarıdır. Diğer tablolar için sisteme AIXM ile eklenilmemiş veriler özel bir ihtiyaç halinde üretim gerektiği koşullarda üretimi söz konusu uçuş haritası ve ilgili verilerinin efektif tarihinin henüz gelmemesi kaynaklı EUROCONTROL veri sistemine verilerin girilmemiş olması veya aktarılmamış olması kaynaklı olabilmektedir. Genellikle iki AIRAC süresi olan 56 gün öncesinde bu veriler otoritemiz tarafından iletilmektedir ancak 56 gün önceden iletilmiş veriye bu zaman gelmeden önce herhangi bir sebeple güncelleme yapılması gerektiğinde yine AIRAC tarihleri göz önünde bulundurularak bir sonraki en yakın AIRAC günü için planlama yapılabilmektedir ve bu sebeple sistemden temin edilemeyen usul bacakları dışında diğer tablolar adına da zaman zaman eksikliklerin encoder tarafından tamamlanması gerekebilmektedir. DHMİ diğer tüm tablolarda AIRAC bazlı efektif verileri EUROCONTROL aracılığı ile sayısal olarak yayınlamaktadır. Ülkemiz dışında farklı bir ülke otoritesine ait ve EUROCONTROL üyesi 41 ülke içerisinde yer almayan kimi ülkeler için ise tek kaynak, üye olunan benzer bir organizasyon olmaması halinde yayınladıkları AIP dokümanları olabilmektedir.

Proje kapsamında en başta ülkemiz olmak üzere çoğunlukla Avrupa ve Orta Doğu özelinde uçuş haritası üretimi çalışmaları yapılmıştır. İhtiyaç olduğu durumlarda sayısal navigasyon verisi temin edilememiş ve AIP ile kodlama yapılarak sayısal verisi oluşturularak çalışma yapılan ülkeler de olmuştur. Bu kısım için usul bacakları kodlama kontrolleri benzeri ciddi kontroller getirilebilmesi verinin varolmaması nedeni ile mümkün olmamıştır. Ancak SDO içerisinde her tablonun AIXM ile belirli standartlarda ve formatta temin edilen alanları için ilgili formatın sağlanılabilmesi adına belirli kontroller yazılmıştır. Temel veri girişi kontrolü olarak birçok tabloda yer alan koordinat bilgisi örnek olarak verilebilir. Veri koordinatlarının belirlenen bir formatta girişi sağlanmadıkça kayıt edilememesi sağlanmıştır ve yine standart veri girişleri için combobox ile seçim yaptırılarak sisteme olası hatalı veri girişlerinin yapılması önlenmektedir. Coğrafi koordinatlar AIXM içerisinde ana tanımlayıcı veri olarak kabul edilmiştir ve birçok nesnenin ClientKeyId alanı olan nesneyi tanımlayıcı bilgisi içerisinde yer almaktadır. Çoğunlukla ICAO kodu ve coğrafi koordinatlar baz

alınarak oluşturulmuş olan bu tanımlayıcı alanın hassas yapısı gibi tanımlama yapılabilecek alanlarda da Encoder rolünün veri girişine kısıtlar getirilmiştir.

DME : ANK

VOR :

Code ID: ANK

Latitude \*: 395711.8N

Longitude \*: 0324942.0E

Name: ANKARA

Type: Select Type

Channel: Select Type

Frequency of Virtual VHF Facility: N

Value of Displacement: P

Emission: W

Datum \*: Other

Geographical Accuracy: Select UMO

Elevation: 878 Meters

Elevation Accuracy:

Geoid Undulation:

Vertical Datum:

Remarks: Coverage 100 NM ANK DME CH 96X is unusable from ANK NDB BTN 310 DEG - 050 DEG out of 20 NM, below 9000 FT and BTN 090 DEG - 180 DEG out of 25 NM, below 9000 FT.

\* required fields

Update Delete Cancel

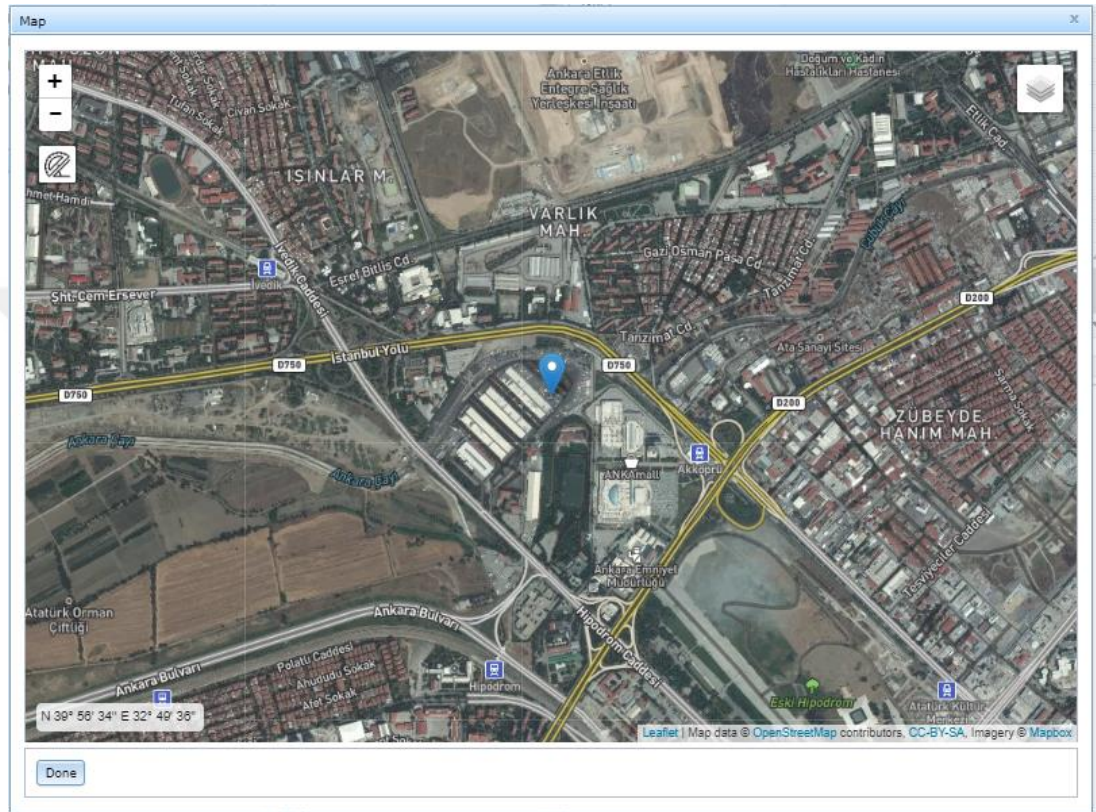
Şekil 3.10 : SDO örnek veri giriş ekranı

Bu standart veri giriş kontrollerine ek olarak girilmiş olan ham verinin sistemde coğrafi ve geometrik olarak kontrolleri de mevcuttur. SDO içerisinde yukarıda veri girişi adına örnek teşkil eden ANK DME için girilen konum bilgisi ile olası bir hataya karşı coğrafi konum kontrolü de sağlanmaktadır (Şekil 3.11). Bu şekilde format hatası dışında girilebilecek herhangi bir coğrafi koordinat bilgisi girişi hatası da üretim fazına geçilmeden henüz veri ortamında da tespit edilebilmektedir. İlgili kontrollerin de uygun olması halinde sisteme kodlanan veriler SDO veritabanı üzerinden uçuş haritası üretimi için havacılık veritabanına aktarılmaktadır. Bu yapıda bir anlamda yedekli bir sistem oluşturulmuş olmaktadır. Üretim adına tüm veri SDO üzerinden girilmiş ve aktarılmış olsa da ham data olarak coğrafi görselleştirme öncesi de ayrı katmanlarda coğrafi üretim ortamı olan ESRI havacılık çözümü içerisinde havacılık veritabanı altında da tutulmaktadır. Verinin tek yönlü kaybı ise tüm sistem için çok ciddi bir



olumsuzluk yaratmamaktadır. Havacılık veritabanı içerisinde silinebilecek ham veriler SDO üzerinden aktarımı ile hızla tekrar oluşturulabilir.

SDO veri girişi ekranında verilen ANK DME veri girişi örneği için AIP’de belirlenen koordinatlarda olması için sağlanan coğrafi kontrole ek olarak nokta veri tipinde olmayan diğer coğrafi katmanlar için geometrik kontroller de sağlanabilmektedir.



**Şekil 3.11 : Veri girişi coğrafi kontrolü örneği**

Bu anlamda örnek olarak MSA minimum sektör irtifa verisi verilebilir. AIXM içerisinde bir MSA grubu altında yer alan MSA verileri AIP’de belirtilen açı, irtifa limitleri, iç ve dış sektör limitleri ile kodlanır ve bu kodlama coğrafi ve geometrik olarak da SDO üzerinde kontrol edilebilmektedir. SDO içerisinde sağlanmış olan bu kontroller ile yapılan iş üretim öncesi kontrolden geçerek tekrar aynı adımlara dönüşü önleme adına sistem için faydalı ve gereklidir. Coğrafi bir ürün olan haritalar içerisinde yer alan ilgili katmanların öncü coğrafi kontrollerinin de sistemde yer alması kaliteyi ve üretimde verimliliği artırıcı katkı sağlamıştır.

MSA Group : MEN (VOR)  
Angle Type: Magnetic  
Angle Reference: Towards the reference point  
Remarks:  
Version:  
Modified: 2013-06-05 15:25:46  
Modified By: nurdanf

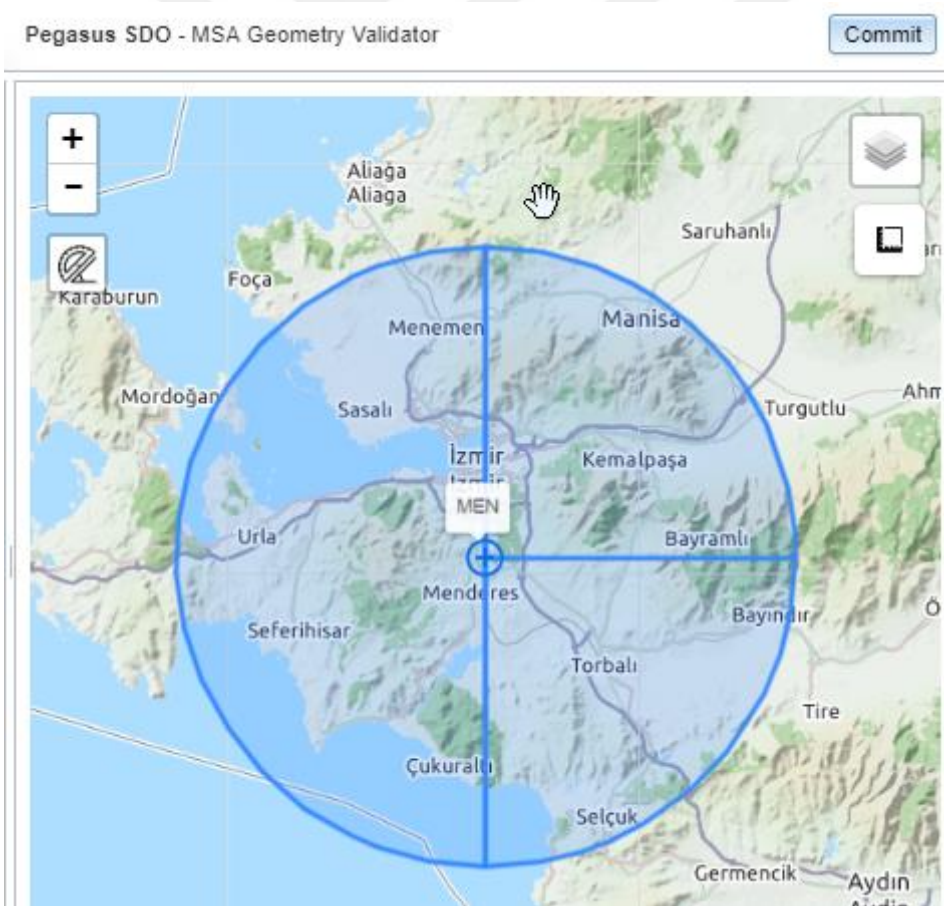
Edit Plan View History

MSA

0 - 90 : 7000 FT  
90 - 180 : 6500 FT  
180 - 360 : 5500 FT

Add

Şekil 3.12 : SDO MSA örneği



Şekil 3.13 : SDO MSA geometrik kontrolü

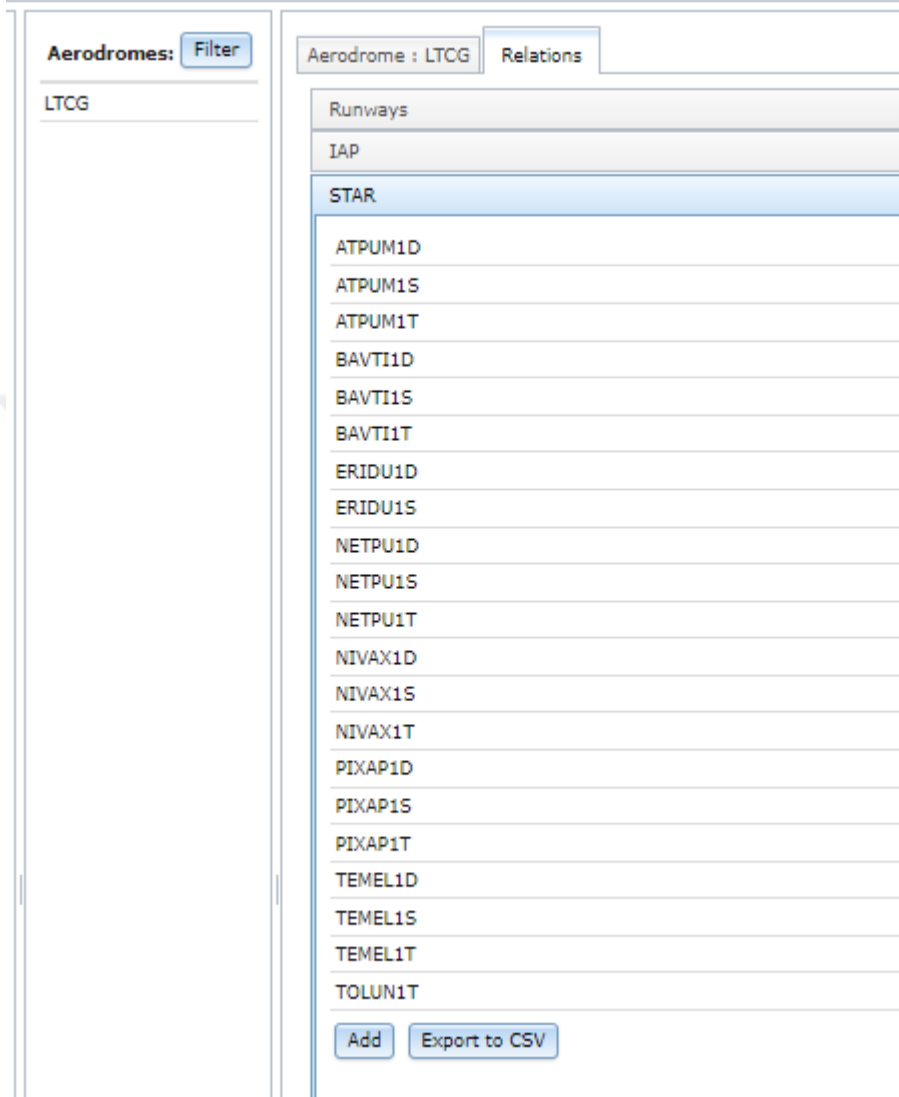
SDO içerisinde uçuş haritası üretimi veya AIRAC güncellemesi adına hem en yoğun yapılan kodlama olan hem de en temel katman olan usul bacaklarının ARINC 424



standardında kodlanması için de sisteme kontroller eklenmiştir. Proje kapsamında EUROCONTROL ziyareti dışında kurumdan ARINC 424 eğitimleri de alınmıştır. Kuralları ve standardı net bir şekilde belirli olan ARINC 424 usul kodlaması için belirlenmiş kurallar SDO üzerine yansıtılarak hem kodlama standardının yüksek tutulması hem de Encoder tarafından yapılabilecek olası bir hatanın önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Bu kontrollere ek olarak ARINC 424 kodlarının geometriye dönüşümü esnasında kullanılmakta olan LUCIAD LightSpeed kütüphanesi aracılığıyla coğrafi ve geometrik kontroller de sağlanabilmiştir. SDO üzerinde oluşturulacak olan ARINC 424 satırları geometri dönüşümü proje başlangıç fazında da temel bir gereklilik olarak tespit edilmiş ve bu alana ilgili ihtiyaç SDO içerisinde karşılanmış olsa da konu özelinde API sağlayan LUCIAD firması LightSpeed kütüphanesi ile firmadan destek alınarak geliştirme açısından diğer alanlarda devam eden süreçler adına da hız kazanılırken LUCIAD firmasının yazılım kütüphanesinin kullanılması da firmaya kütüphanelerinin deneyerek içerisinde yer alan hataların düzeltilmesi şeklinde dönüş sağlamıştır.

Uçuş haritası üretimi sistemi içerisinde temel yapı taşı usul bacaklarının kodlanması olarak görülebilir. AIXM ile sayısal olarak temin edilen diğer uçuş haritası katmanlarının otomatik işleyen sisteme entegrasyonu süreci ile ESRI Aeronautical Solution üzerine geliştirilmiş olan kartografik üretim sürecinde işleyen otomatik süreç göz önüne alınırsa kartografik üretim süreci için uçuş haritalarının ana çıktısı olan usul bacağı kodlamasının üretimin merkezinde ve en dikkat edilmesi gereken ana süreç olduğu görülebilir. Uçuş haritası üretim projesi kapsamında bir diğer çıktı olarak elde edilen ARINC 424 verisi başlı başına değerli bir üründür ve her 28 günde bir tüm havayolu operatörleri servis aldığı firmalardan bu ürünü temin ederek uçak veritabanlarını ilgili aviyonik bölümlerince güncellemektedir. ARINC 424 çıktısı uçağın ilgili rotayı kendi sistemlerinde oluşturarak seçilen prosedürleri icra etmesi yönü ile bakıldığında FMC adına sayısal verilerden oluşan bir harita olarak da görülebilir denmesi çok da hatalı sayılmayacaktır. Aynı verinin pilotun anlayacağı forma dönüşmüş hali ise uçuş haritalarıdır ve bunlar da uçuşun icrası ve takibi için pilot açısından en az aynı değerdedir. Bu iki anlamlı çıktının üretilmiş olduğu uçuş haritası üretimi sisteminde ARINC 424 kuralları ve AIXM model yapısı SDO içerisinde dikkatle işlenmiştir. AIXM model yapısı gereğince ilgili ilişkiler kurularak ve veritabanı tablo bağlantıları oluşturularak dizayn edilen SDO içerisinde

havalimanları altında usuller SID, STAR ve IAP olarak üçe ayrılmıştır. Tez kapsamında ikinci faz olan STAR ve IAP usullerinin üretimi üzerine kalan eksiklik de giderilmiş olmaktadır.



**Şekil 3.14 : AIXM bazlı geliş usulleri**

Geliş usullerine ait usul kodlamalarına seçilen havalimanına ait usullerin yer aldığı sekmeler içerisinde erişilmektedir. AIXM ile sisteme aktarılmış olan usule ait kartografik üretimi de etkileyen bilgilerin yer aldığı usul bacakları için geçmişe yönelik kayıtlar da history butonu ile tutulmaktadır.

Procedure Legs sekmesi ile ise ana üretim kabul edilebilecek usul bacakları kodlama arayüzü açılmaktadır. Projenin ilerleyen safhalarında tespit edilen ihtiyaçlarında eklenmesi ile geliştirilen bu sayfanın arka planında ARINC 424 kuralları ve

kartografik üretim için birçok kural çalışmaktadır. ARINC 424 kuralları yönünden bakıldığında verilebilecek ilk örnek, kod türleri sıralamasının SDO içerisinde yer alması olarak gösterilebilir. ARINC 424 standardı gereği belirli kod türlerinin arkasından belirli türler gelememektedir ve buna kodlama esnasında dikkat edilmesi bir zorunluluktur (Şekil 3.15).

		TAKİP EDEN USUL BACAĞI																								
		AF	CA	CD	CF	CI	CR	DF	FA	FC	FD	FM	HA	HF	HM	IF	PI	RF	TF	VA	VD	VI	VM	VR		
MEVCUT USUL BACAĞI	AF							■									■	■								
	CA	■											■	■	■			■	■	■						
	CD												■	■	■			■	■	■						
	CF																■									
	CI		■	■			■	■	■					■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■
	CR	■												■	■	■			■	■						
	DF																■		■	■						
	FA	■												■	■	■			■	■	■					
	FC									■	■	■	■	■	■	■			■	■	■					
	FD									■	■	■	■	■	■	■			■	■	■					
	FM	■																	■	■	■					
	HA																		■	■						
	HF																		■	■						
	HM																		■	■						
	IF																	■								
	PI	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■
	RF	■						■										■				■	■	■	■	■
	TF																		■	■						
	VA	■												■	■	■			■	■	■					
	VD																		■	■	■					
VI		■	■															■	■	■	■	■	■	■	■	
VM	■																	■	■	■						
VR	■																	■	■	■						

Şekil 3.15 : ARINC 424 usul bacağı kodları sıralaması

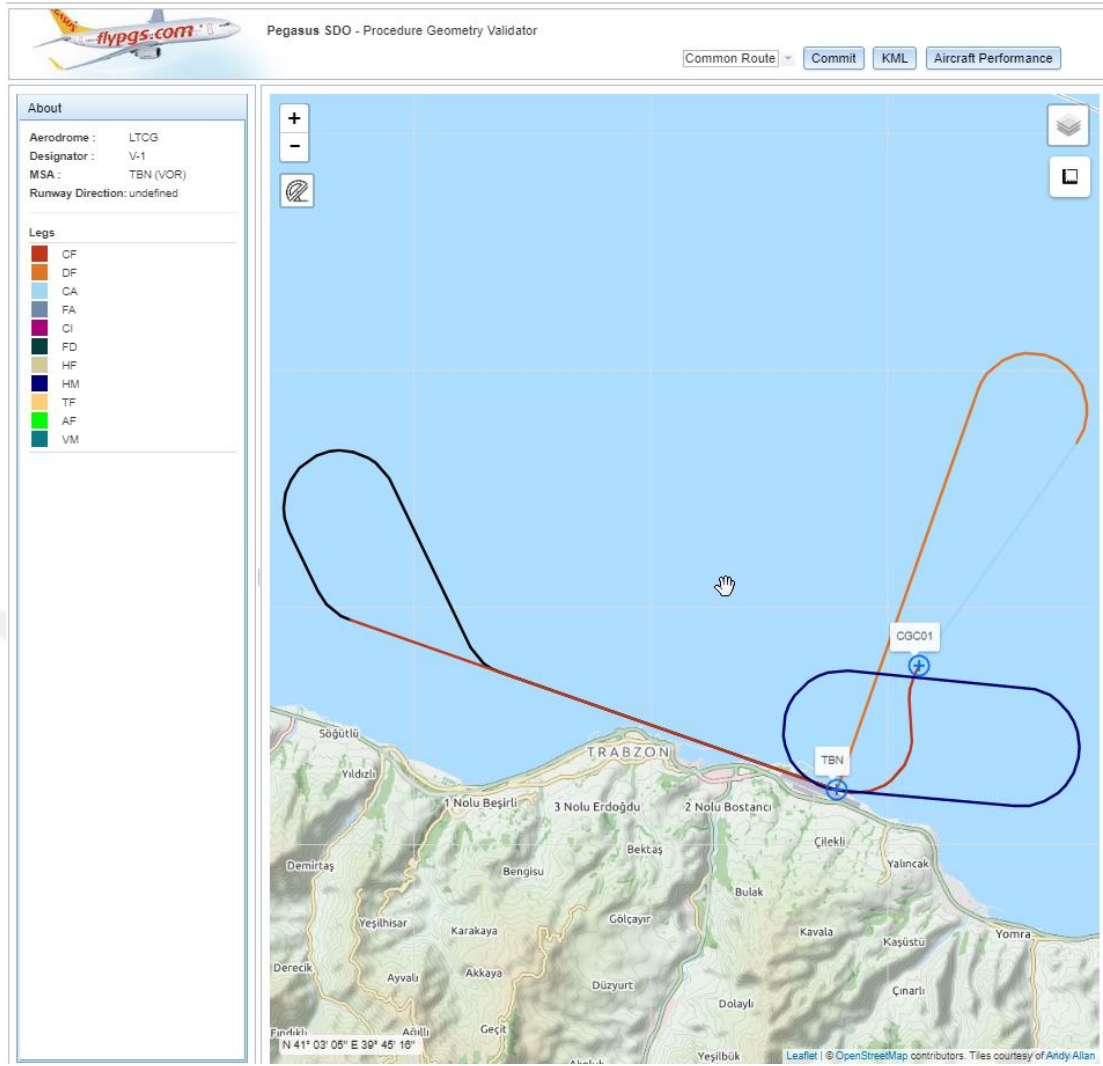
Bu sıralamaya benzer şekilde her kod türüne ait belirli bilgilerin kodlama esnasında doldurulması da bir zorunluluktur (Şekil 3.16). Standartları belirli olan ARINC 424 kodlamaları dışında uçuş haritası üretiminde kartografik görselleştirme adına katkı sağlayan öznitelik alanları da üretim çalışmaları esnasında tespit edilmiş ve çalışmamız özelinde SDO içerisine kontrol olarak eklenmiştir. Hem standartlar ile hem de elde edilen tecrübeler ışığında mümkün tüm kurallar oluşturularak katmanlarda semboloji adına elle bir işlem yapılmayan bir sisteme erişilmiştir.

Usul Bacağı Öznelikleri																	
Usul Bacağı Kodları		W/P ID	OVR FLY	HLD	TD	TDV	RMD NAV	THETA	RHO	OBD MAG CRS	TM/DST	ALT ONE	ALT TWO	SPD LMT	VRT ANG	ARC RAD	ARC CTR
	AF	X	O	O	X		X	X	X	R		O	O	O			
	CA				O	O				C		+		O			
	CD				O	O	X			C	D	O	O	O			
	CF	X	B	O	O	O	X	X	X	C	P	O	O	O	O		
	CI		O		O	O	O			C		O	O	O			
	CR				O	O	X	X		C		O	O	O			
	DF	X	B	O	O		O	O	O			O	O	O			
	FA	X		E	O	O	X	X	X	C		+		O			
	FC	X	B	E	O	O	X	X	X	C	P	O	O	O			
	FD	X		E	O	O	X	O	X	C	D	O	O	O			
	FM	X		E	O	O	X	X	X	C		O		O			
	HA	X	O		X		O	O	O	C	X	+		O		F	
	HF	X	O		X		O	O	O	C	X	O	O	O		F	
	HM	X	O		X		O	O	O	C	X	O	O	O		F	
	IF	X		O			O	O	O			O	O	O			
	PI	X			X		X	X	X	C	P	X					
	RF	X		O	X		O	O		O	A	O	O	O	O	X	X
	TF	X	B	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		
	VA				O	O				H		+		O			
VD				O	O	X			H	D	O	O	O				
VI		O		O	O	O			H		O	O	O				
VM	O			O	O				H		O		O				
VR				O	O	X	X		H		O	O	O				

X : Gerekli                      O : Opsiyonel                      P : Katedilen güzergah uzunluğu  
R : Radyal                      C : Manyetik Açık                      D : DME mesafesi  
B / E : Bazı koşullarda gerekli                      A : İki nokta arası mesafe  
F : RNP değeri mevcutsa gerekli

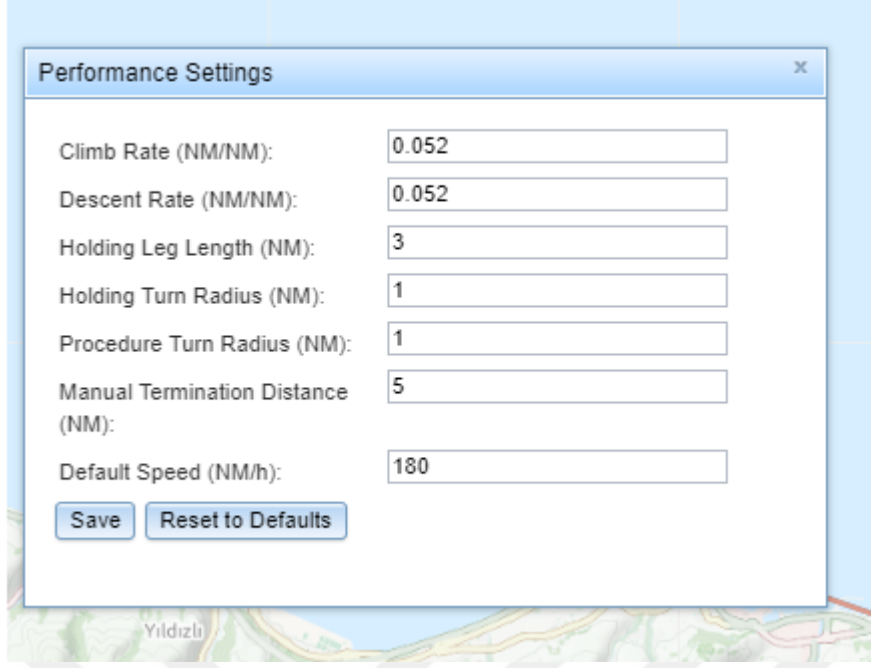
**Şekil 3.16 :** ARINC 424 usul bacağı kodları öznelikleri

Kod türleri sıralamasına benzer şekilde SDO içerisinde kod türüne bağlı öznelik kontrolü ile veri girişi yapılması ve yasaklı alanlara hatalı veri girişi yapılmaması sağlanmaktadır. Bu sayede olabilecek birçok hata kodlama esnasında önlenirken, üretimde de hız kazanılmaktadır. Buna ek olarak SDO içerisinde usul bacakları için yapılan diğer kontrol de AIP’de yer alan tarifin hem iki hem de üç boyutlu kontrolünü ile yapılan geometrik ve aynı zamanda coğrafi kontrol mevcuttur. Usul kodlamasının hemen akabinde Plan View sekmesine geçilerek ARINC 424 satırları aracılığı ile iki boyutlu usul geometrisi oluşturulur.



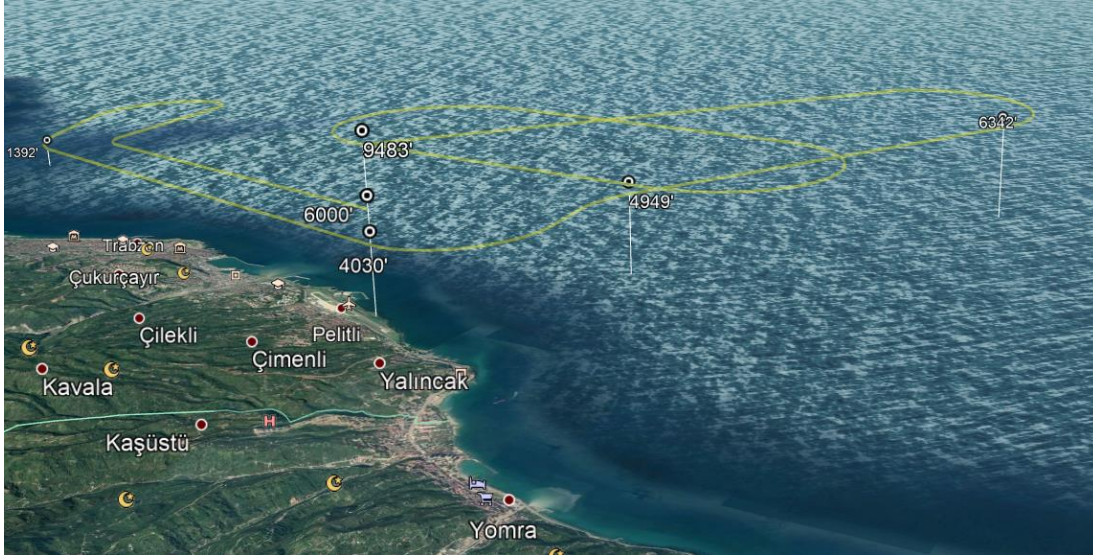
**Şekil 3.17** : ARINC 424 satırları geometrik dönüşümü- iki boyutlu kontrol

Bu dönüşüm esnasında matematiksel formüllere ek olarak uçak performans değerlerine de etki eden bazı parametreler de sisteme verilebilmektedir. Uçağın gerçekte olan davranışlarına en yakın çizim elde edilmeye çalışılırken kimi usul kodları için bazı kabuller de yapılmıştır. İki boyutlu kontrol ile elle kodlama esnasında veya daha öncesinde sisteme otomatik olarak akan verinin de coğrafi kontrolü yapılmakla beraber AIP’de yer alan usule ait tarifte yer alan parametreler de SDO’da yer alan belirli ait uçak performans değeri parametreleri ile girilerek gerçeğe en yakın çizim elde edilmeye çalışılmaktadır (Şekil 3.18).



**Şekil 3.18 :** ARINC 424 satırları dönüşümü uçak performans parametreleri

Uçuş haritası üretimine geçişte iki boyutlu kontrol uçuş haritası boyutu düşünüldüğünde yeterlidir ancak SDO yazılımında ek olarak iki boyutlu geometrik verinin kml uzantısı dönüşümü yapılarak üç boyutlu kontrol edebilme yeteneği de mevcuttur (Şekil 3.20).



**Şekil 3.19 :** ARINC 424 üç boyutlu kontrolü

Özellikle AIP dışında şirket özelinde ihtiyaç duyulan özel tek motor usulleri, görerek yaklaşma usulleri gibi tasarımlar için üç boyutlu incelemenin yapılabilmesi de gereklidir. Her ne kadar özel tasarımların tamamı simulator testleri ve kaptan pilot görüşü alınmadan kullanıma açılmasa da SDO yazılımı ile sağlanan üç boyutlu kontrol yeteneği süreçlerin daha sağlıklı ve hızlı ilerlemesi açısından değerlidir.

### **3.6 Kartografik Üretim**

Uçuş haritası üretimi için havacılık alanında sahip olduğu tecrübe ile birlikte bu alanda özelleşmiş bir çözüme sahip olan ESRI firması geliştirdiği Aeronautical Solution ile uçuş haritası üretimi projesi adına ana hedefler içerisinde yer alan mümkün olabilecek en yüksek standarttaki üretimi mümkün olan en optimum yöntem ile sağlanabilmesi anlamında projede istenilen özellikleri sağlamakla beraber sistemin geliştirilebilmesine de olanak sağlayan bir yapı içerisinde yazılım içerisinde üründe beklenen çıktıyı istenilen yapıda elde etmek için yeterli araçlar bulunurken yazılım daha ileri bir yapıya ulaştırılmaya da açık bir yapıdadır.

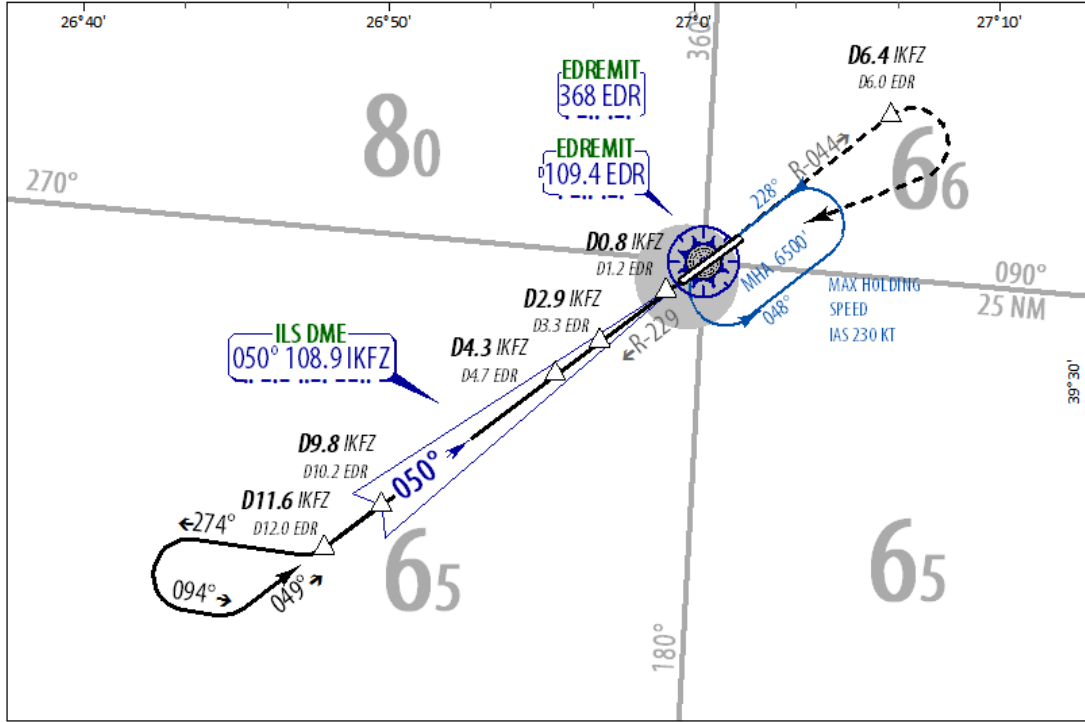
Uçuş haritası üretimi sürecinde kartografik üretim açısından çok hassas ve önemli olan ana kısım, üretimi söz konusu verinin gerek AIRAC döngüsü ile gelen güncellemeler gerek yeni üretim için detaylı incelenmesi ve bu sayede üretim adına harita üzerinde doğru aksiyonların alınabilmesidir. Bu çalışmanın akabinde kartografik üretim için uçuş haritası içerisinde yer alan bileşenler üç temel kısımda incelenebilir. Bu kısımlar, uçuş haritası içerisinde yer alan veri katmanları, uçuş haritası referans altlığı ve uçuş haritası sayfası üzerinde yer alan tablo ve ek bilgilerdir.

#### **3.6.1 Uçuş haritası veri katmanları**

Uçuş haritasında pilotun uygulaması gereken usul veya usullerin tarif edilirken aynı zamanda usul ile ilgili yardımcı cihazlar, hava sahası, ülke sınırları, ilgili sahadaki minimum irtifa limitleri gibi birçok yardımcı bilginin aktarıldığı katmanlarda yer almaktadır. Bu katmanlar yazılım içerisinde WGS-84 koordinat sistemi UTM projeksiyonunda ve her havalimanı ilgili 6 derecelik dilim içerisinde gösterilecek şekilde bir veri çerçevesi (data frame) içerisinde yer almaktadır. Proje kapsamında uçuş haritaları UTM projeksiyonunda içerisinde yer aldıkları dilim doğrultusunda yönlendirilmiştir ve usulün kapsadığı alana bağlı olarak uygun ölçek kartografik üretim aşamasında tespit edilmektedir. Kartografik üretimin ilk fazı olarak kabul



edilebilecek veri çerçevesi içerisinde yer alan kartografik nesnelerin üretimi, kartografik nesnelerin gösterim özellikleri ve nesne etiketlerinin üretilmesi şeklinde iki faz altında incelenebilir.



Şekil 3.20 : Örnek uçuş haritası veri katmanları

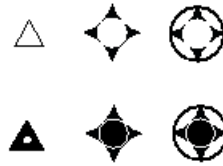
### 3.6.1.1 Uçuş haritası katmanları gösterimi

Kartografik nesnelerin gösterim özelliklerinin belirlenmesi adımı havacılık çözümü içerisinde yer alan gösterim kuralları yapısı kullanılarak üretimi söz konusu katmanların birçok öznelik değeri farklı bir kıymet olarak ilgili nesnenin farklı durumlar altında farklı şekillerde gösterimine imkan sağlanmış ve kartograf rolü için işçilik gerektirecek öznelik takibi de bir kurulan uygun tasarım ve geliştirilen yazılımlar aracılığı ortadan kaldırılmıştır. Bu sayede uçuş haritası gibi canlı yaşayan bir ürün için zaman bazlı ihtiyaç durumlarında daha hızlı tedarik sağlanabilmektedir. Ülkemizde bu gibi durumlara usullerin dizaynları sonrası ilgili operatörlere AIRAC efektif tarihi henüz ulaşmadan kullanım yetkisi verilmesi veya NOTAM ile AIRAC öncesi kalıcı yayınlanan güncelleme ve şirket bazlı özel usul dizaynları örnek verilebilir. Kurulan üretim sisteminin önemli bir katkısı da operasyonel ihtiyaçlara derhal cevap verebilecek bir yapının kazanılmış olmasıdır. Bu anlamda uçuş haritası



içerisinde vektörel bir yapıya dönüştürülen veri katmanları için üzerine eklenen kartografik gösterim de çok önemlidir. Halihazırda sınırlı sayıda firmanın ürün verdiği bu alanın doğması adına sayılabilecek temel maddelerden birisi de her ülke otoritesinin AIP yayınları içerisinde ülkelerine ait uçuş haritalarını üretirken tavsiye niteliğinde olan ICAO Annex 4 dokümanı ile uyumlu olmakla beraber birebir aynı standartları kullanmamasıdır. Bu nedenle bir ülkede belirli bir birimde olan bir veri katmanı diğer ülkede başka bir birimde kullanılmış veya aynı veri katmanına ait işaret farklı bir ülkede benzer olsa da birebir aynı işaret ile gösterilmemiş olabilmektedir. Bu durum pilotların birçok ülke otoritesi uçuş haritası standardına uyum sağlamasını gerektirir ki havacılık adına kabul edilebilir bir seçenek değildir. Ancak bu duruma ülke farketmeksizin yapılan standart üretim çok ciddi bir avantaj getirmektedir. Bu nedenle veri katmanları gösterimi çok önemlidir ve proje kapsamında da her zaman pilot görüşleri üretimin hemen her basamağında sistemi iyileştirme adına dikkate alınmıştır.

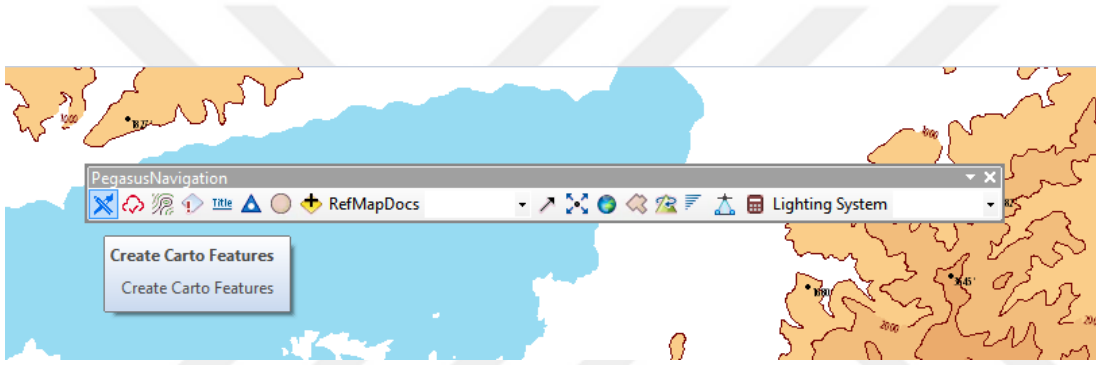
Uçuş haritası içerisinde yer alan yardımcı cihazlar, fiksler, pist eşik noktası gibi noktasal katmanların gösterimi alan veya çizgisel katmanlara göre daha kolay tasarlanabilmiştir. Bu katmanlar arasında verilebilecek en farklı örnek fiks noktalarının gösterim kuralıdır. SDO içerisinde ARINC 424 kuralları baz alınarak usulde nokta üzerinden geçilme zorunluluğu – flyover/flyby veya ilgili noktada hava trafik kontrolü ile iletişim zorunluluğu gibi usul bacaklarındaki kodlanmış satırların ilgili öznitelikleri ile usulün türü bazlı farklı gösterimler alabilmektedir.



**Şekil 3.21** : Öznitelik bağımlı fiks işaret örnekleri

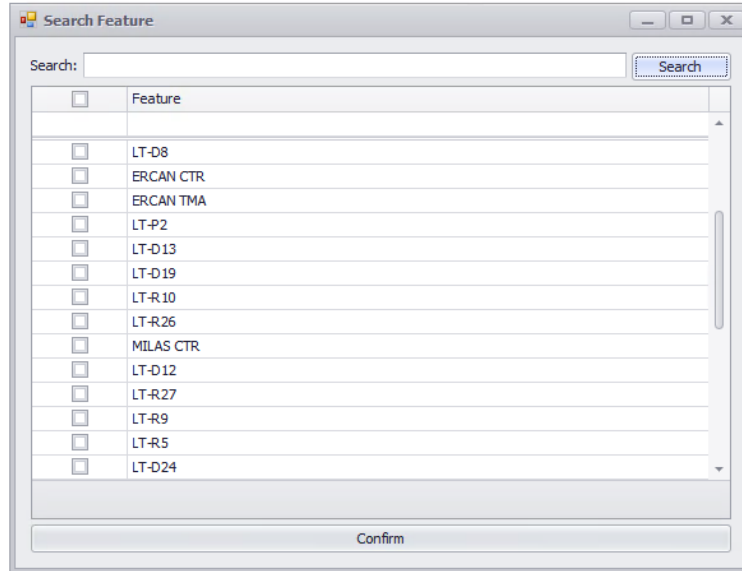
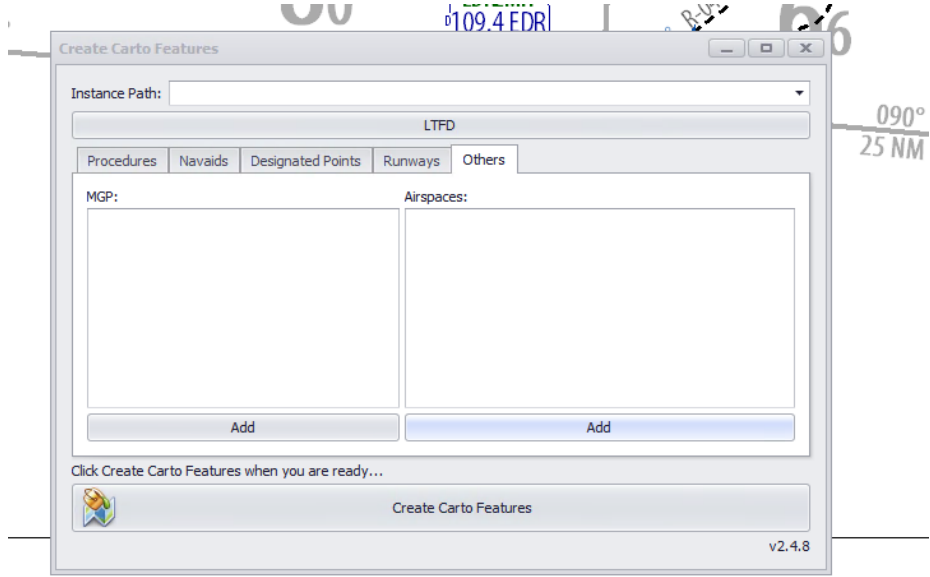
Noktasal katman gösterim yapısı ile aynı şekilde alan ve çizgisel katmanlarında ham veriden kartografik gösterim kuralları yansıtılmış son haline ESRI Aeronautical Solution içerisinde proje kapsamında ihtiyaca özgü özelleştirilmiş kurallar ile ulaşılmakla beraber özellikle usul bacaklarına ait birçok gösterim kuralı olduğu

belirtilebilir. ARINC 424 usul bacaklarındaki usul faz özniteliği başta olmak üzere usul tipi, usul bacağı kodu, bir sonraki fiks tipi gibi koşullara bağlı gösterim yapısı yazılım içerisinde tespit edilen durumlar eklenerek özelleştirilmiş son haline ulaşılırken ESRI Aeronautical Solution da proje kapsamında kartograf rolünün üretimi basamakları için daha kullanıcı dostu bir yapıya da ulaştırılmıştır. Yazılım ilk hali ile belirli bir alan içerisinde yer alan nesnelere seçimine bağlı özelleştirilmiş gösterim kurallarını uygularken proje kapsamında herhangi bir alan veya kartografik gösterim için özelleştirilmiş doküman yapısı gibi standart yapısına gerek kalmayacak şekilde kartografin seçim aracı ile istediği nesnelere direkt olarak seçerek üretim yapabilir yapıya ulaşması da sağlamış ve ilk etapta varolan birçok üretim basamağı da geliştirilen araç eklentiler ile ortadan kaldırmıştır.



**Şekil 3.22 :** Kartografik üretim için geliştirilen Create Carto Features eklentisi

Uçuş haritası üretimi adına elde edilen son çıktı kalitesinin farklı sistem kullanıcıları olsa da aynı şekilde elde edilebilmesi ve aynı standart ile üretilebilmesi son derece önemlidir. Burada kullanıcı üzerinde ek olarak yer alan tüm işlem kalemlerinin değerlendirilmesi ve mümkün olan tüm işlem basamaklarının kısaltılması proje kapsamınca sürekli ana hedef olmuştur. Halihazırda mevcut harita üretimi sistemi adına mevcut program yeteneklerince geliştirilen tüm eklenti ve uygulamalar genel sistem adına çok değerlidir ve üretim verimliliği adına katkı sağlamaktadır. Sürekli mevcut olan uçuş operasyonu düşünüldüğünde sadece uçuş emniyeti adına bile değerlendirildiğinde sağlanmış olan geliştirmelerin değeri anlaşılabilmektedir.



**Şekil 3.23** : Create Carto Features eklentisi nesne seçimi

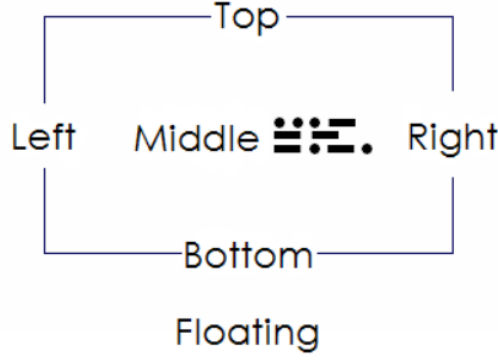
### 3.6.1.2 Uçuş haritası katmanları etiketleri

Uçuş katmanları gösterimine ek olarak benzer şekilde Create Carto Features eklentisi yapısında SDO uygulamasında usul bacaklarına yazılmış olan birçok öznitelik bazlı kural ile katmanlara ait etiketler de otomatik olarak üretilmektedir. Yazılımın standart halinde xml tabanlı etiket kuralları yazılabilirken geliştirilen eklenti içerisinde gösterim ve etiket kuralları da alınarak tek buton ile kartografik nesne ve etiketlerinin üretimi ile tüm kartografik üretimin sağlanabildiği bir yapı kurulmuştur. ESRI Aeronautical Solution içerisinde yer alan örnek formatlama kuralları ile katman özelinde istenilen

özelleştirme yapısı sağlanabilmiştir. Buna ek olarak yazılımın sağladığı mimari yapı da halihazırda kullanımına alışılmış etiket yapısını sağlamak için yeterlidir. Pilotların aşına olduğu yapıyı kurgulayarak bunu en uygun şekilde gösterebilmenin temel esas olduğu yapı içerisinde ESRI Aeronautical Solution bir son kullanıcı ürünü olsa da proje kapsamında bir nevi hazır kütüphane olarak da değerlendirilerek bu yapı proje sürecince bir anlamda ikinci versiyona ulaştırılmıştır.

Element description	Start tag	End tag	Valid attributes/values	Note	Example syntax	Example output
Font name and/or font size	<FNT>	</FNT>	name = {TrueType font} size = {1} scale = {1-}	Set either name, size, scale, or all of them.	<p><b>Annotation</b></p> <pre>&lt;FNT name = "Arial" size = "12"&gt;Text size = 12&lt;/FNT&gt; &lt;FNT name = "Arial" scale="200"&gt;Text scale = 200&lt;/FNT&gt;</pre> <p><b>Labeling</b></p> <pre>"&lt;FNT name = 'Arial' size = '12'&gt;" &amp; "Text size = 12" &amp; "&lt;/FNT&gt;" &amp; "&lt;FNT name = 'Arial' scale='200'&gt;" &amp; "Text scale = 200" &amp; "&lt;/FNT&gt;"</pre>	Text size = 12 Text scale = 200
Color (RGB)	<CLR>	</CLR>	red, green, blue = {0-255}	Missing attributes assumed = 0	<p><b>Annotation</b></p> <pre>&lt;CLR red = "255"&gt;Text&lt;/CLR&gt;</pre> <p><b>Labeling</b></p> <pre>"&lt;CLR red = '255'&gt;" &amp; "Text" &amp; "&lt;/CLR&gt;"</pre>	Text
Color (CMYK)	<CLR>	</CLR>	cyan, magenta, yellow, black = {0-100}	Missing attributes assumed = 0	<p><b>Annotation</b></p> <pre>&lt;CLR magenta = "100"&gt;Text&lt;/CLR&gt;</pre> <p><b>Labeling</b></p> <pre>"&lt;CLR magenta = '100'&gt;" &amp; "Text" &amp; "&lt;/CLR&gt;"</pre>	Text

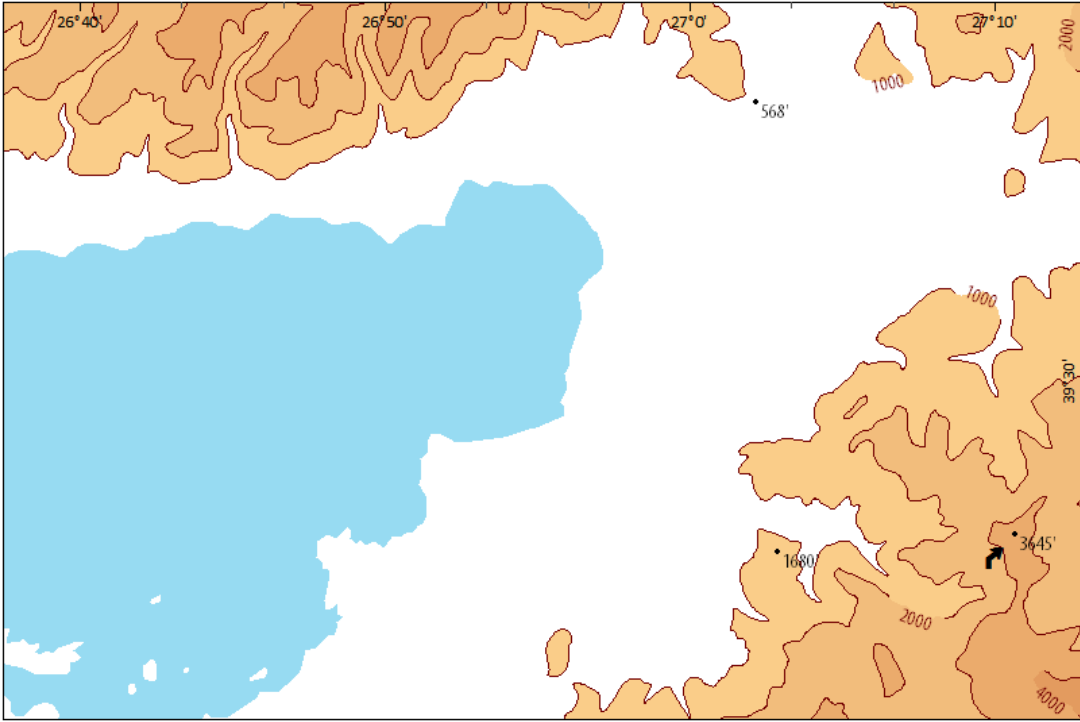
Şekil 3.24 : Örnek etiket formatlama kuralları



Şekil 3.25 : Kartografik nesne etiket yapısı

### 3.6.2 Uçuş haritası referans altlığı

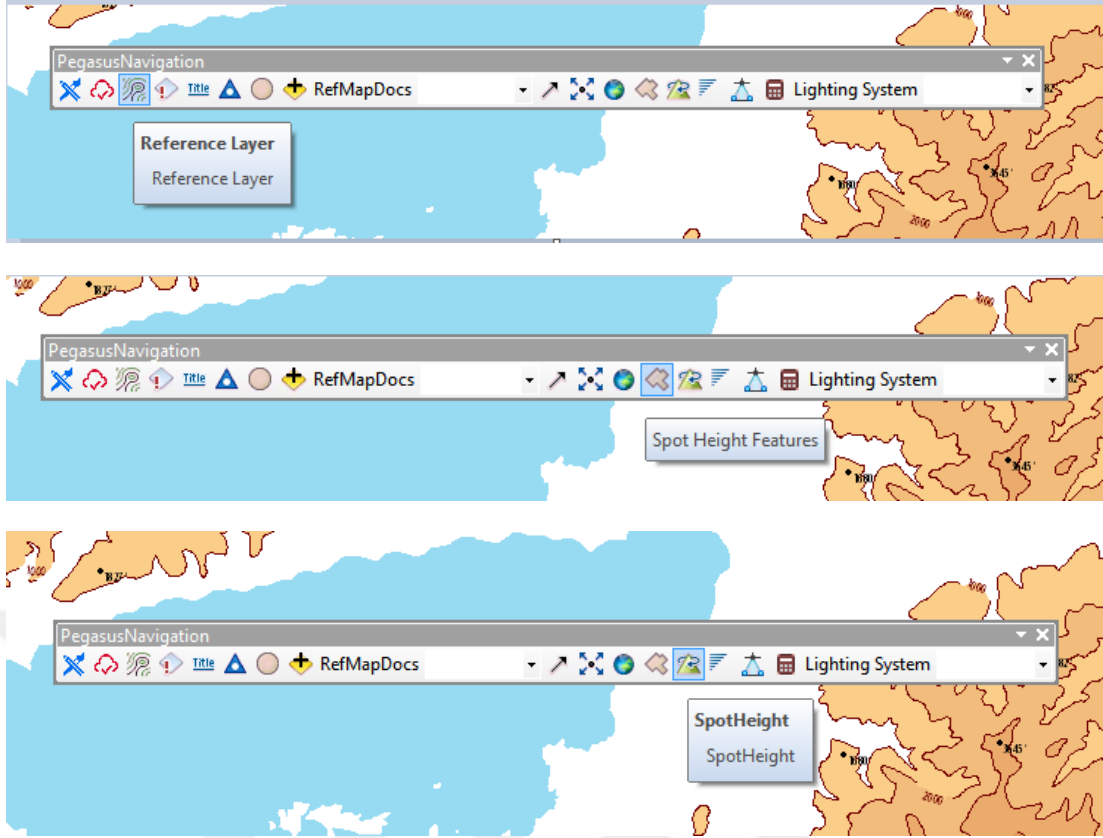
ICAO, uçuş haritaları düzenlemesi adına yayınladığı Annex 4 dokümanı içerisinde konumsal farkındalığı artırmak için uçuş haritasının ölçekli çizilmesini ve yeryüzü yapısının anlaşılabilir olması için havalimanından 1000 ft yükseklikten başlayacak şekilde yumuşatılmış eş yükselti eğrilerinin etiketlerinin kahverengi tonları ile ve uygun görülen mania noktaları ile birlikte çizilmesini tavsiye etmiştir. Buna ek olarak veri çerçevesi içerisinde kalan maksimum yükseklik noktasının da belirtilmesi tavsiye edilmektedir. Benzer şekilde proje kapsamında henüz tam anlamı ile havayolu şirketlerince kullanılmakta olan uçuş haritalarında da yer almayan bu yapının en baştan sistem içerisinde yer alması daha uygun görülmüştür. Uçuş haritalarına seçilen yazılım ve yapılan geliştirmeler ile mümkün olan tüm özellikler eklenerek komple bir çözüme ulaşım adına başlanılan projede ilk olarak tamamlanan ayak coğrafi bilgi sistemleri yazılımı ile rahatlıkla sağlanabilir olan uçuş haritası referans altlığını oluşturmak olmuştur. Sayısal yükseklik modeli üzerinde gerekli işlemleri çalıştırarak istenilen semboloji ve kısıtlarda usulün kapsadığı alana ait yeryüzü yapısı için farkındalık sağlayacak harita referans altlığını üretecek ArcMap modelbuilder uygulaması yazılmış ve çalışılan alanlar adına istenilen yapıda referans altlıklar oluşturulmuştur. Mania verisi için avrupa kapsamında sayısal yükseklik modeli üzerinde çalışacak uygulama yazılmış ve buradan arazi mania yükseklikleri elde edilmiştir.



**Şekil 3.26 : Uçuş haritası referans altlık örneği**

Aynı şekilde operator operasyon sahasını kapsayacak eş yükselti eğrileri, etiketleri ve alanları oluşturulmuş, bunlara yeryüzü üzerinde varolan akarsu, nehir, deniz gibi verileri içeren su katmanı eklenmiş ve aynı gruba mania katmanı da eklenerek kullanımı devam etmekte olan reference – uçuş haritası referans altlık katmanı elde edilmiştir.

Kartografik anlamda üretim safhalarında eş yükselti renk tonları ve diğer katmanlar ile uyumu, eş yükselti eğrileri yumuşatılması, etiketlerin merdiven yapısı ile gösterimi, etiketlerin eş yükselti çizgileri üzerine maskelenerek yer alması, eş yükselti eğrileri aralık değeri gibi detaylar proje süresince alınan geri bildirimler, kazanılan tecrübe ve tavsiyeler doğrultusunda sürekli iyileştirilmiştir. Gerekli olması halinde arazi ile alakalı yapı için farkındalık adına daha detaylı parçalar da haritalarda yer alabilmektedir. Mevcut kullanımda kolaylık sağlaması için gerektiği durumlarda referans katmanlarını havalimanı yükseklik değeri girilerek veri çerçevesine ekleyen veya veri çerçevesi içerisinde uygun mania değeri bulunmaması halinde ilgili UTM dilimi sayısal yükseklik modeli ve ilgilenilen alan içerisinde en yüksek maniyayı üreten ArcMap araçları da proje esnasındaki tespitlere istinaden geliştirilmiştir. Ek olarak elde edilen harita referans altlığı sivil havacılık otoritesi ile de kullanımları adına paylaşılmıştır.



Şekil 3.27 : Geliştirilen yardımcı uçuş haritası referans altlığı eklentileri

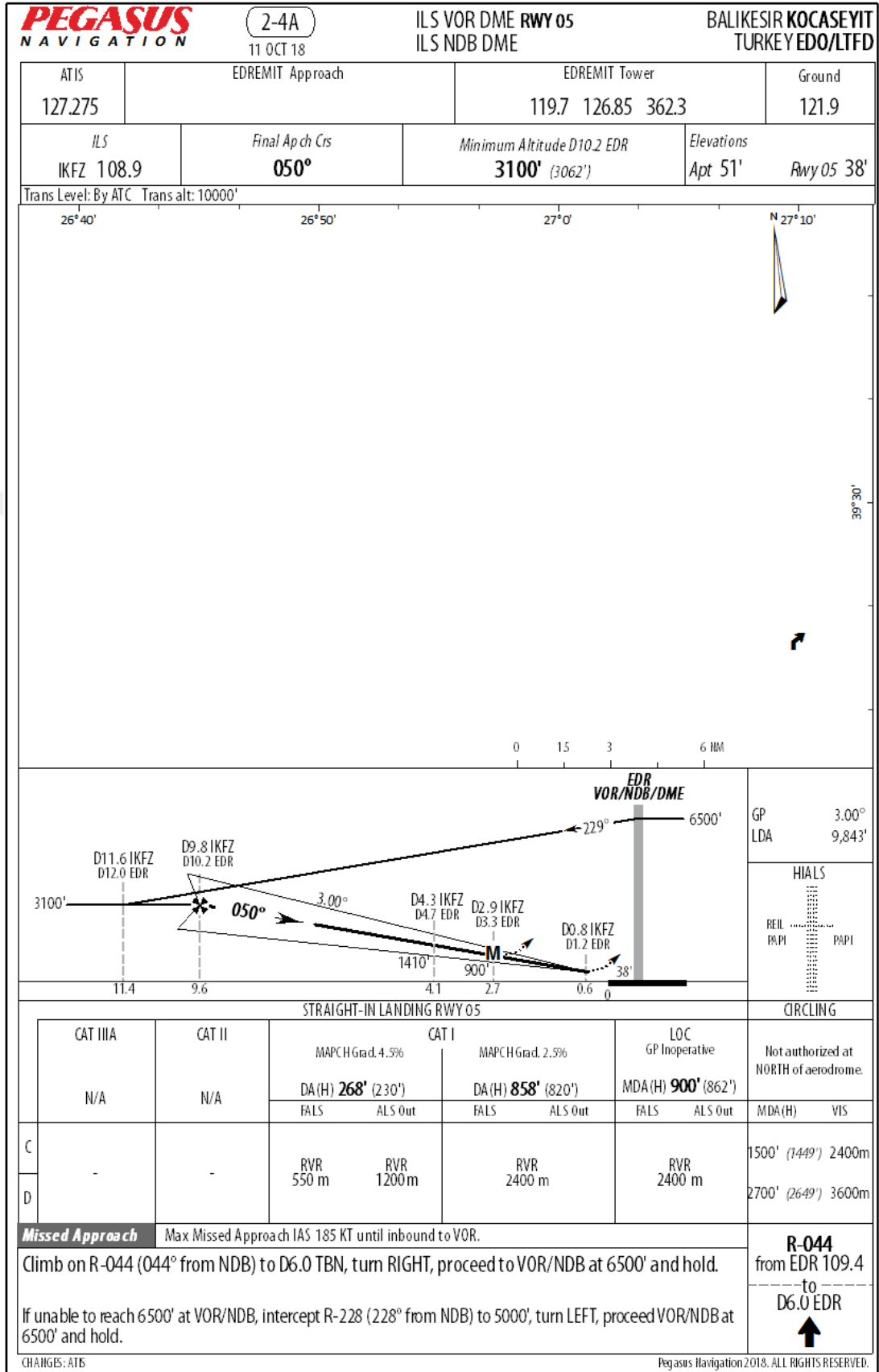
### 3.6.3 Uçuş haritası tablo ve ek bilgileri

Sivil havacılık otoriteleri tarafından yayınlanmış uçuş haritaları içerisinde iletişim frekansları, usulün icrası, usule ait dikkat edilmesi gereken notlar, usulün özel bir duruma sahip olması veya özel izin gerektirmesi, usul minimum değerleri, havalimanı park pozisyonları gibi usule ait haritaya ek olarak birçok ek bilgi ve not bulunmaktadır. Usule ait bilgilerin tamamlandığı bu kısım için proje başlangıç safhasında kısa bir süre abobe illustraitor gibi sistemlerde denenmiş ancak komple ürünün tek platformda tamamlanmasının daha optimum olacağı diğer seçeneklerin incelenmesi sonrası kısa zamanda tespit edilmiştir. Ek olarak, üretim süresince kazanılan tecrübe ile usul tiplerine bağlı olarak standartlaşan tablolar için maksimum otomasyonun sağlanması için ESRI Production Mapping modülü ile kullanılabilen GTE aracı kullanılmıştır. ArcMap ekosisteminde sayfa çıktısı üzerinde yer alan tüm nesnelere element olarak tanımlanmaktadır ve kendisi de bir element olan GTE arka planda sağladığı data driven – veri tabanlı tasarlanabilir olma özelliği ile uçuş haritalarında yer alan ek bilgi ve tabloların veri kaynağı olarak tanımlanacak tablolarında usulle ilgili bilgilerinin

üretilmesi ile Aeronautical Solution ile kartografik nesne ve etiketlerinin üretimine ek olarak bir diğer üretim otomasyonu fırsatını da sağlamıştır. Uçuş haritalarında ek tablolarda yer alan bilgiler doğal olarak havalimanı bazlıdır ve kartograf için her havalimanında farklı verinin sayfa çıktısı üzerinde ilgili tablo ilgili hücresi özelinde veri sayısı veya mevcut olması gibi durumlara bağlı olarak sayfa üzerinde konumlandırılma veya manuel yazdırılması düşünülünce uçuş haritası üretimi ile ilgili proje çıkış noktasında her ne kadar elle yapılabilir şeklinde uygun görülmüş olsa da üretim fazına geçer geçmez seçeneklerin neler olabileceği değerlendirilerek benzer şekilde Adobe Framemaker gibi data-driven yapıların da incelenmesi sonrası en uygun yapının hem tek ekosistemde sürecin tamamlanabilmesi hem de yine otomasyon sağlanarak yapılabilmesi özellikleri de görülerek GTE aracı ile sağlanabildiği tespit edilmiş ve bu alanda usul tipleri özelinde gerekli kodlamalar VB veya Python gibi araç içerisinde sağlanan dil seçenekleri ile kodlanmıştır.

Uçuş haritası sayfa çıktısı üzerinde veri kaynaklı birçok tablo olduğu gibi veri çerçevesi içerisinde yer alması gereken usule ait notlar, vektörel usul profil diyagramı gibi elementler sayfa koordinatları içerisinde konumu standart olmayan veya çizim gerektiren elementler de yer almaktadır. Bu alanlar adına yapılmış veya yapılabilecek geliştirme adımları üretim sürecinin standartlaştırılması bölümü içerisinde değerlendirilecektir. Uçuş haritalarında yer alan ek tablolar ve bilgiler ile sayfa üzerinde yer alan elemanlar incelendiğinde tek tek birçok kalem adına birçok farklı kaynaktan süzülerek elde edilecek verinin sayfa üzerinde ciddi bir gayret ile muntazam ve standart olarak gösterilmesi gerekliliği farkedilecektir. Projenin ilk fazında elde edilen bu deneyim ile ikinci fazda bu geliştirme yapısı kurulmuş ve sistem çok daha ileri bir noktaya taşınmıştır.





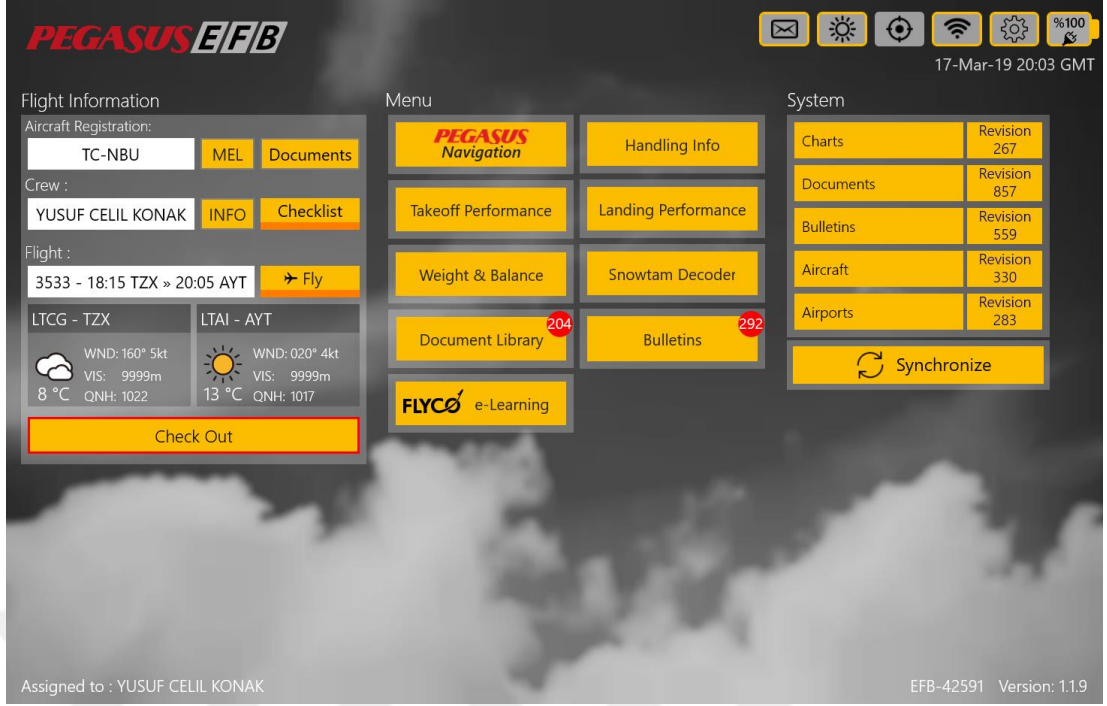
Şekil 3.28 : Uçuş haritası tablo ve ek bilgileri örneği

### **3.7 EFB Client ve EFB Admin Panel**

Uçuş haritası üretimi projesinin ilgili sistemin kurularak bu alanda ülkemizde know-how elde edilimi ve Pegasus Havayolları operasyonel ihtiyaçlarına cevap verilebilmesi gibi amaçlarının yanında bir diğer önemli katkısı da kağıtsız kokpit fikrinin hayata geçirilmesi için birçok önemli operasyonel dokümanında elektronik formata dönüştürülmüş olmasıdır. Pegasus Havayolları uzun süre operasyonlarında fiziksel kağıt harita setleri, uçak veya operasyon için gerekli diğer birçok dokümanı da diğer operator şirketler gibi kullanmıştır. Operasyon düzenlediği birçok nokta için birçok bölge setinin kaptan ve yardımcı kaptan olmak üzere iki set olarak uçakta yer aldığı, firmanın yıllık operasyon sayısı ve bu harita setlerinin mevcut olduğu çantaların birinin 40 kg civarında olduğu düşünüldüğünde kağıtsız ofis düşüncesinin yıllık geri dönüş katkısı anlamlı olmaktadır. Uçuş haritası üretimi projesi içerisinde ürünü farklı bir seviyeye taşıma adına da ortaya çıkan EFB uygulaması benzerleri de günümüzde birçok farklı havayolu tarafından kullanılmaktadır.

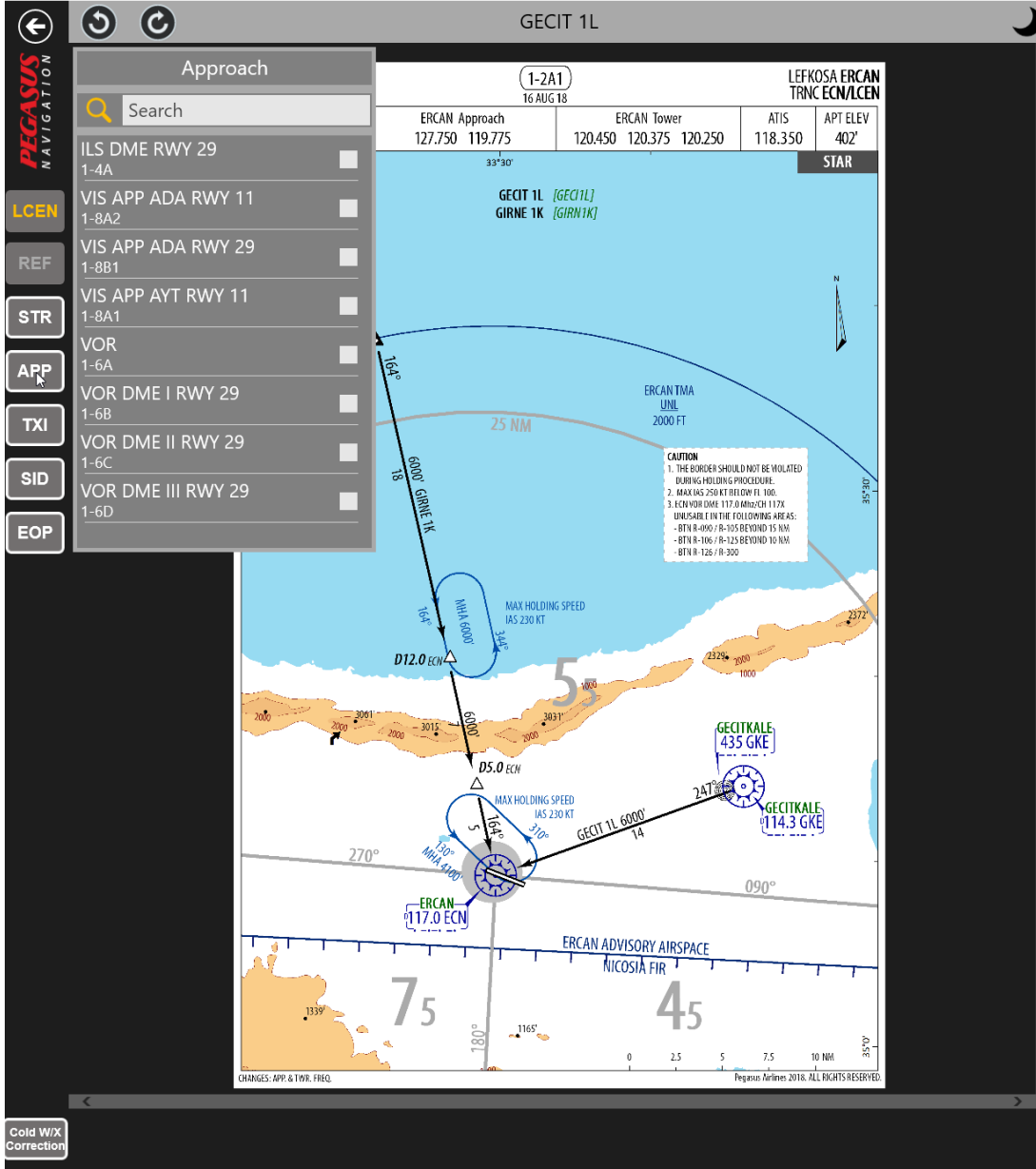
#### **3.7.1 EFB Client**

EFB uygulamaları proje başlangıcı olan 2013 yıllarında günümüzdeki kadar yaygın olmamakla beraber proje içerisinde geliştirilen EFB uygulaması Windows tabanlı ilk WinRT uygulamasıdır. Uçuş haritası üretimi sistemine başlanmasının hemen akabinde ortaya çıkacak ürünlerin kaptanlara nasıl ulaştırılacağı ve hangi ortamda varolacağı sorusu projenin türev ürünü olan EFB uygulamasının da geliştirilme gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Uçuş haritası önce iOS platformunda iPad tabletlerde gösterilmek üzere planlanmış ve aynı zamanda gerekli olması halinde kağıt çıktının da alınabilmesi için bu alanda standart olan A5 sayfa boyutunda tasarlanmıştır. iOS için geliştirilen uygulama ilgili cihazların operasyonel noktaların bazılarında varolan hava şartları içerisinde problem yaşayabileceği koşulların tespit edilmesi için EFB Client Windows platformuna taşınmış ve bu alanda sağlamlık noktasında rakipsiz olan Panasonic ToughPad cihazlarına Windows 8.1 platformunda geliştirilmiştir. Günümüzde mobil iOS ve android cihazlara da sürümü çıkarılmış olan EFB Client uygulaması uçuş haritaları projesi ile bir gereksinim olarak doğmuş ancak sağlanan özelleşmiş yapı ve eklenen birçok özellik ile Pegasus Havayolları bünyesinde kokpitte kullanılan temel uygulamaya dönüşmüştür.



Şekil 3.29 : EFB Client uygulaması arayüzü

EFB Client içerisinde bir modül olarak yer alan Pegasus Navigasyon modülü içerisinde uçuş haritası projesi kapsamında ülkemiz ve Kıbrıs için operasyonel olarak kullanılan havalimanlarına ait uçuş haritaları AIRAC bazlı güncel şekilde tutulurken bu proje ile şirketin ihtiyaç duyduğu tek motor ve görerek yaklaşma usulleri gibi şirkete özel uçuş haritalarının da EFB Client uygulaması ile pilotlara ulaştırılması sağlanmıştır. Operasyonel olarak şirketin kısa zamanda ihtiyaç duyduğu ve farklı bir kaynak ile elde edilemeyen herhangi bir ülkeye ait uçuş haritaları da gerekli olması halinde yine Pegasus Navigasyon modülü EFB Client uygulaması ile pilotlara ulaştırılmaktadır. Navigasyon modülü içerisinde kullanım ihtiyacı adına haritanın dönüklüğü, gece modu ve haritaya istenilen ölçüde yakınlaşabilme gibi özelliklerde sağlanırken arayüzde yer alan araçlar da kokpit içerisinde mevcut şartlar ve kullanılan cihazın özellikleri baz alınarak özelleştirilmiştir.



Şekil 3.30 : EFB Client – Pegasus Navigasyon Modülü

### 3.7.2 EFB Admin Panel

Uçuş haritalarının nerede ve nasıl pilotlara ulaştırılacağı sorusuna ek olarak EFB Client uygulaması içerisinde yer alan ürünlerin kontrolünün nasıl ve ne şekilde sağlanacağı problemi de EFB Admin Panel uygulamasının da geliştirilmesi ile çözümlenmiştir. EFB client içerisinde yer alan birçok modül yönetiminin sağlandığı bu uygulama da Pegasus Navigasyon modülü adına kurulan yapının incelenmesi gerekirse;

- Uçuş haritası üretiminde nasıl bir sürecin takip edilmesi gerektiği,

- Ürünlerin ne zamanda EFB Client ile kullanıcıya ulaştırılacağı,
- Uçuş haritası üretimi sistemi için üretim bandında yer alan üretim rollerine ilgililerinin atanması ve süreç ilerledikçe ilgililerin bilgilendirilmesi,
- Uçuş haritaları ve ilgili haritanın üretiminin yapıldığı AIP dokümanının bulut ortamında saklanması,
- Uçuş haritasına üretimi için veri girdisi sağlaması,

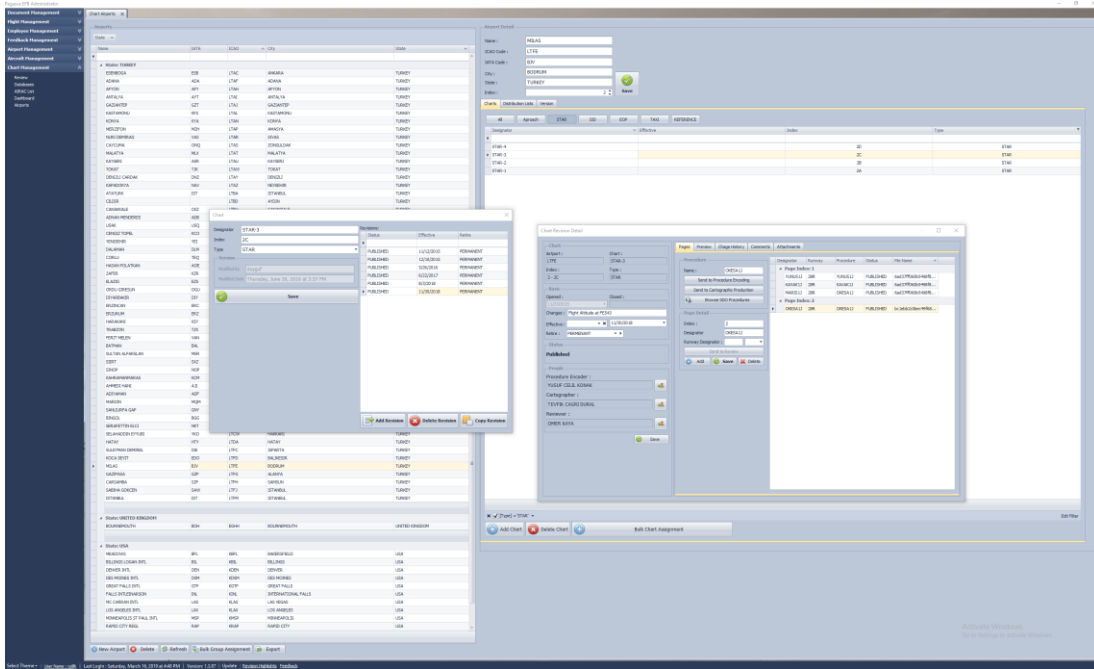
gibi birçok özelliğin sunulduğu EFB Admin Panel uygulaması Navigasyon modülü ile beraber diğer tüm modüllerin de kontrolünün sağlandığı ana merkez olarak tanımlanabilir.

Uçuş haritası üretim süreci EFB Admin Panel uygulaması ile başlamaktadır. AIRAC bazlı gelen güncelleme veya yeni üretim için hem iş kaydı açılması hem de üretim bandındaki rollerin seçilmesi, yapılacak değişim veya üretimin ne olduğu, ilgili uçuş haritasının yayında kalma süresi, uçuş haritasına ait tasarlanan ek indeks sayısı, üretim veya güncelleme yapılan AIP'nin ek olarak saklanması, uçuş haritasının EFB Client uygulamasında pilotlar tarafından hangi isimle görüleceği ve uçuş haritası üzerinde yer alan bazı bilgiler EFB Admin Panel ile sağlanmaktadır.

Uçuş haritası üretiminde yer alan Encoder, Cartographer ve Reviewer rolleri aslında uçuş haritası üretiminin fazlarını da göstermektedir. Encoder aracılığı ile tamamlanan eksik bilgiler sonrası iş kaydı bir sonraki basamağa aktarılırken ilgili role mail ile bildirim yine Admin Panel aracılığı ile yollanır. Kartograf rolü uçuş haritası adına üretim için eksik bir veri görmesi halinde aşamayı bir önceki faza geri yönlendirebilir veya haritada AIP'de yer alan bilgileri belirlenen gösterim özellikleri ile uçuş haritasında göstererek hazırladığı yeni yapıyı son kontrol için son rol olan Reviewer'a aktarır. Reviewer uçuş haritasında yer alan bilgilerin AIP ile uyumu ve eksiksiz olmasına ek olarak son ürünü kullanım ve okuma kolaylığı adına da değerlendirerek onaylayarak publish eder veya daha önceki aşamalardan herhangi birine düzeltilmesi veya eklenmesi gereken bir işlem adına geri yönlendirebilir.

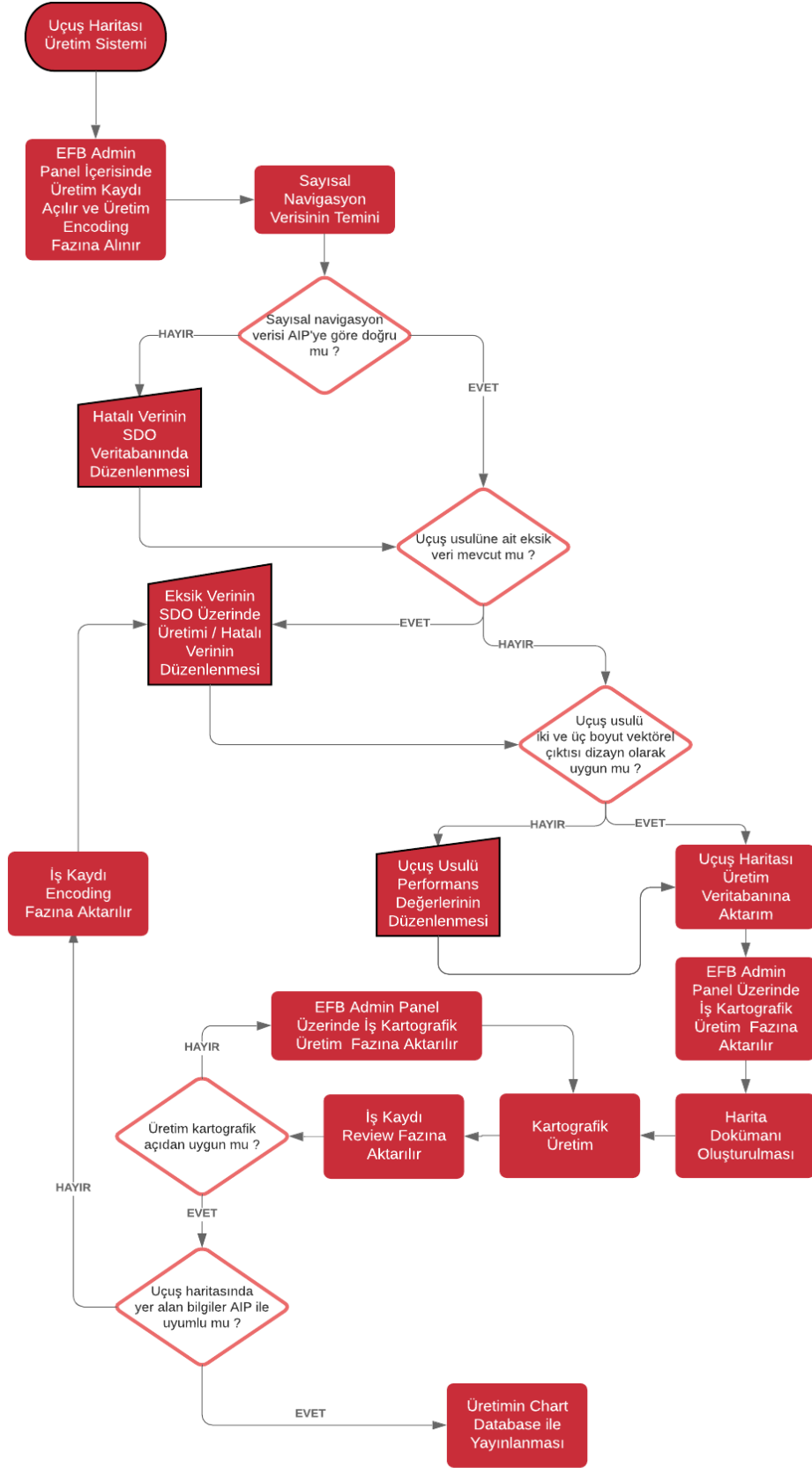
EFB Admin Panel'de açılan her iş kaydının yani uçuş haritası üretiminin otorite tarafınca belirtilen bir yayın süresi mevcuttur. Yıl içerisinde yer alan 13 AIRAC tarihine ek olarak otorite Supplement veya NOTAM ile de belirli tarih aralıkları veya belirli tarihten itibaren süresiz efektif bilgi veya uçuş haritası yayımlayabilir. Tüm bu

Yayınlar için iş kaydı açılmakla beraber yeni gelen güncellemeler doğrultusunda kayıt içerisinde yeni revizyonlar oluşturulmaktadır. EFB Admin Panel aracılığı ile her kayıt belirtilen tarihte EFB Client içerisinde aktif olmakta ve doğru ve güncel bilgi pilotlara ulaştırılmış olmaktadır. Review rolü tarafınca publish edilen her kayıt oluşturulacak bir sonraki chart database içerisinde yer almak üzere kayıt altına alınır. Standart AIRAC tarihleri öncesi veya AIRAC tarihi içerisinde efektif olan yeni bir NOTAM veya Supplement yayınlarının son kullanıcıya ulaştırılması adına ilgili düzeltme ve eklemeleri kapsayan uçuş haritası paketleri EFB Client uygulamasına yayınlanan chart database revizyonları ile ulaştırılmaktadır.



**Şekil 3.31 : EFB Admin Panel -Chart Modülü**

Uçuş haritası üretimi için kurulmuş olan sistemin akışının özetlenmesi gerekirse; EFB Admin Panel ile başlayan süreç veri adına SDO uygulamasından yardım alırken akabinde kartografik üretim için özelleştirilmiş ESRI Aeronautical Solution versiyonuna aktarılmakta ve tekrar kontrol adına EFB Admin Panel'e dönmektedir. Son kullanıcıya da yine EFB Admin Panel üzerinden EFB Client aracılığı ile ulaştırılmaktadır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 : Uçuş haritası üretim akışı





#### 4. ÜRETİM SÜRECİNİN STANDARTLAŞTIRILMASI

Geliştirilmiş olan üretim sistemi üzerinde sürekli iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Üretim sisteminin yılda standart olarak 13 AIRAC ve standart olmayan NOTAM ve ek yayınlar ile canlı ve sürekli bir döngüye sahip olması, emniyet adına kritik derece öneme sahip olan uçuş haritası üretimi sisteminde doğal olarak daha verimli ve hatasız üretim adına gelişimi vazgeçilmez bir noktaya getirmektedir. Kaptanlar tarafından tutulan notlardan klasik elle çizim haritalara ve akabinde bilgisayar destekli çizim araçları ile üretime kadar uzanan süreç, teknolojinin gelişmesi ile çok daha farklı noktalara da gidecektir. Halihazırda ise yoğun bir iş yükü ve zamansal kısıtlara sahip bu sistemde insan kaynaklı hataların önlenmesi, daha standart bir üretimin sağlanabilmesi, insan üzerinde varolan iş yükünü azaltmak için tüm üretici firmalar otomasyona gitmektedir. Yeni çıkan teknolojiler ile halihazır teknolojilerin birleştirilmesi gibi farklı çözümler günümüzde görülmekle beraber proje kapsamında Pegasus Havayolları bünyesinde olduğu şekilde halihazırdaki sistemlerin otonomlaştırılması üzerine yapılan yaklaşımlar da proje süresi içerisinde farklı şirketlerde de gözlenmiştir. Endüstri 4.0 standartlarının uygulandığı ve 5.0 üzerine tartışmaların devam ettiği günümüzde bu gelişmelerin yaşanması çok doğal olmakla beraber ilerleyen süreçlerde havacılığın farklı standartlara gideceği açıkça gözlenebilmektedir.

Uçuş haritası üretimi için halihazırda bir çözüme sahip olan ve projede bu nedene ek olarak coğrafi bilgi sistemleri alanındaki tecrübe ve global destek hizmetleri aracılığı ile yer alan ESRI ArcMap uygulaması, proje başlangıcında sadece PlanView çizimleri için kullanılması düşünülmüşken yardımcı ek programlar ile sayfa üzerinde yer alan diğer birçok bilgi için de daha hızlı üretim yapılacağı öngörülmüştür. Proje de bu şekilde start almış olmasına rağmen üretim adına farklı platformlara ihtiyaç duyulması ve tek platformda üretimin sağlanamamasının aslında farklı bir programa bağımlılık ve ek bir iş yükü getireceği kısa zamanda görülmüştür. Akabinde ESRI yapısında varolan araçların kullanılması ile birlikte tek platformda üretimin yapılabilir hale gelmesi de üretimi tek bantta bitirilmesini sağlarken üretim süresi beklenen

sürelerden çok uzak kalmıştır. Sayfa üzerinde yer alan tablolar için GTE yeteneğinin kullanılarak aşılması sistemin standartlaştırılması adına ilk adım olarak görülebilir. GTE, tablo formatında olan kaynaklardan ArcMap sayfa düzeni içerisinde bilgi göstermeye yarayan araç olarak tanımlanmıştır [20]. GTE datasource olarak belirtilen farklı tablodan sorgu bazlı dinamik veri çekebilir ve bu verileri tasarlanan tablo üzerinde istenilen hücrede verilen özellikler ile gösterebilme imkanı sunmaktadır. Bu anlamda ESRI'nin ilk etapta VB, sonrasında Python üzerine yaptığı dönüş takip edilerek her iki dilde de gerekli kurallar tasarım arkasına kodlanmıştır. Kartograf rolü için manuel olarak tabloda yer alan birçok değeri tablodaki ilgili hücrede ve doğru pozisyonda gösterme çabası günümüz teknolojisinden çok uzak bir çaba olmakla beraber havacılık alanında varolan canlı sistem adına da ihtiyaçları karşılayabilecek bir yapı değildir. Bu anlamda, kısa süreli Adobe Illustraitor ve ArcMap manual düzenlemeleri geçişi aslında projede ihtiyaç duyulacak tabloların tasarımlarının çıkarılabilmesini sağlamış ve bu çalışmalar kullanılarak GTE üzerindeki tasarım ve kodlamalar çok daha kısa sürede tamamlanmıştır.

Uçuş haritaları üzerinde farklı regülasyonlara bağlı birçok durumun kontrol edilmesi gerekmektedir. GTE, otomasyon anlamında aranılan çözümü sağlamakla beraber GTE arka planına eklenen birçok kuralın ArcMap üzerinde eş zamanlı çalışması da programın daha da ağırlaşması gibi bir sonuç doğurmuştur. Otomasyon alanında sadece sayfa üzerinde olan elementler değil veri çerçevesi içerisinde yer alan katmanların gösterim ve etiketleri için ESRI Aeronautical Solution içerisinde yer alan araçlar kullanılmakla beraber hazır olarak sunulan bu araçlarda bile kullanım kolaylığı için özelleştirmeler yapılmış ve mevcut hali kullanım kolaylığı adına daha ileri bir versiyona taşınmıştır. Bu gelişmeler sağlanmışken sayfa üzerinde yaşanan yavaşlama üretim için uygun görülmemiştir. ESRI firmasının ise halihazırda olan yapısı için VB'den Python üzerine net bir dönüş yaparak yazılım içerisinde bu dilde yapı ve desteğe devam edeceğini ve bu alanda birçok kütüphane sunacağını belirtmiş olması ve 2013 yılında tanıtılan araçlar ile harita üzerinde Python ile otomasyon alanında çalışmalar başlatılmıştır. Python açık ve güçlü nesne yönelimli bir programlama dili olarak tanımlanırken, öğrenim kolaylığı, okunaklı sözdizimi, platform bağımsız yapısı, çok geniş bir kütüphaneye sahip olması gibi özellikler ile birçok alanda avantaj da sağlamaktadır [21]. Python ile GTE üzerine kurulan tüm yapı ArcMap uygulaması çalıştırılmadan tüm sayfa düzeninin hazırlanabildiği bağımsız bir masaüstü

uygulaması olan makeAchart uygulamasına dönüştürülmüştür. Bu uygulama ile GTE aracı ile tablosal olarak sağlanan otonom yapı daha da ileri götürülmüş ve sayfa üzerinde yer alan ve ciddi iş yükü getiren düşey profil çizimi gibi birçok tabloya da uygulanarak tamamen otonom kullanıcı etkileşimi dahi gerektirmeyecek bir seviyenin önü açılmıştır. Python ile harita dokümanları içerisinde geliştirme yapılmasını sağlayan ana kütüphane ESRI tarafından sağlanan ArcPy kütüphanesidir. ArcPy, Python ile coğrafi veri analizi, veri dönüşümü, veri yönetimi ve harita otomasyonu sağlayan kullanışlı ve üretken Python paketi olarak tanımlanmıştır [22]. ArcPy ile iletişim tabloları, sayfa üzerinde yer alan notlar, profil çizimleri, pas geçme açıklamaları, pist ışık belirteçleri veya herhangi element bu otomasyon içerisinde kodlanabilir bir nesneye dönüşmüştür. Uçuş haritası türüne bağlı sayfa üzerinde yer alan en ufak nesne ile uygulamaya ihtiyaç duyulmadan, ilgili veritabanı tablosu ile konuşularak istenilen üretim için ilgili veriler temin edilerek havacılık regülasyonlarına göre değerlendirilmiş ve sayfa üzerinde insan eli ile sağlanamayacak düzen ve standart içerisinde gösterimi geliştirilen yapı ile sağlanabilmiştir. Buna ek olarak uygulama EFB Admin Panel ile de konuşarak sisteme tanımlanmış belirli kullanıcıların üzerinde kayıtlı olan işleri yapabildiği bir yapı olma özelliğine de sahiptir. Sürekli iyileştirmelerin devam ettiği otomasyon alanında ekleme ve güncellemeler devam ederken makeAchart uygulaması ile günümüz standartlarının yakalandığı alanda üretim gösteren diğer firmalar ile yapılan temaslarda gözlemlenmektedir. Uçuş haritaları üzerinde yer alan her element veya veri çerçevesi içerisinde yer alan her nesne %100 oranla henüz dünyada da akıllandırılmamıştır ki bunun altında iki boyutlu düzlemde ilgili usulün sahip olduğu coğrafi alanı gösterirken usul adına iletilmesi gereken birçok bilginin de elektronik olsa da standart sunuş olarak sayfa boyutlarında harita ürünü üzerinde gösterilmesinin hedeflenmesi neden olarak gösterilebilir. Doğal bir sonuç olarak her ne kadar her nesne veritabanından çağrılrsa dahi bir web uygulaması benzeri belirli yerlerden belirli bilgilere ulaşıldığı daha dinamik yapıların kullanımı yönünde alışkanlık kazanılması gereklidir. Havacılık gibi emniyetin kritik derece öneme sahip olduğu ve alışkanlıkların kolay değiştirilemediği bir alan adına kısa zamanda böyle bir durumun gerçekleştirilebilmesi kuşak geçişleri ile sağlanan teknolojiye hızlı uyum ve geliştirilecek basit ve kullanışlı yeni versiyon haritalar ile ancak zamanla değiştirilebilir. Günümüzde farklı standartta otoritelerce üretilmiş uçuş haritası kullanımı dahi operator firmalarca kabul edilmemiş ve bu alanda standart üretim yapan birkaç firmanın uçuş haritaları global kullanım standardı

olarak benimsenmiştir. Aksi durumda her ülke kendi haritalarını zaten AIP ile sağlamaktadır ve uçuş haritaları ek bir üretim sistemi olmaksızın zaten havacılık otoritelerinden temin edilebilecek durumdadır. Bu nedenle standart ve kullanım kolaylığı sağlayan bir yapıya hatasız bir şekilde ve en az iş yükü ile ulaşılması için tek yol geliştirilen üretim sisteminin maksimum ölçüde otomasyonu sağlanarak standartlaştırılmasıdır. Uçuş haritası üretimi projesi adına da yaşanan süreç bu alanda kazanılan deneyimin otomasyona dökülmesi olarak tanımlanabilir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde uçuş haritası üretimi çok değerli ve sayılı firmanın hizmet sağlayabildiği bir alan konumundadır. Pegasus Havayolları ise kendi operasyonu adına yaşanabilecek herhangi bir ihtiyaç anında üretimini kendi bünyesinde sağlayabilecek bir seviyeye proje kapsamında ulaşmıştır ve tez kapsamında ikinci faz olarak hedeflenen geliş ve yaklaşma haritaları üretimi hedefi ile de terminal uçuş haritası üretimi adına eksik giderilmiştir. SID, STAR ve IAP usullerine ait hem sayısal navigasyon verisi üretimini hem de ilgili sayısal navigasyon verisinden uçuş haritalarını yüksek oranda otonom şekilde üretebilecek bir seviyeye sistemi ulaştırmak tez kapsamında hedeflenen noktaya ulaşılabilirdiğini göstermek ile beraber terminal uçuş haritaları üretimi adına yeterliliği de sağlamaktadır. Sayılı firma tarafından uzun yıllar içerisinde elde edilen bilgi birikimi ve büyük kadrolar ile günümüzde varolan üretim seviyesi, halihazırda varolan teknolojik araçların da mümkün kıldığı ölçüde tez kapsamında yer alan her iki faz içerisinde büyük oranda yakalanmıştır. Gelişen teknoloji ile bu seviye hergün çok daha farklı standartlara ulaşacaktır ancak ülkemizde bu alanda bir bilgi birikimi ve altyapı elde edilmiş olması, harita mühendisliği alanı adına yeni bir üretim alanının oluşmuş olması, günümüzde Pegasus Havayolları adına operasyonel ihtiyaçlara destek verebilen bir yapı kurulurken bunun proje kapsamında üretilen birçok ek uygulama ve araç ile yüksek standartta ve uluslararası birçok uygulamaya nazaran çok daha kullanıcı dostu bir yapıda sunulabilmiş olması projenin başlangıç safhasında yer alan hedefler karşılanırken üzerine de ek hedeflere ulaşılabilirdiğini göstermektedir.

Projenin daha ileri gitmesi bu noktadan sonra yapılacak yatırıma bağlı olmakla beraber günümüzde yaşanan birçok teknolojik gelişme her geçen gün bu sistemin daha farklı ve daha hızlı kurulabilmesi gibi birçok seçenek sunsa da havacılık derin bilgi birikimi ve teknik bilgi isteyen ve emniyete ciddi derecede önem verilen bir alan olması yönüyle diğer alanlara göre teknolojiye daha yavaş adapte olmaktadır. Bu yönü ile bakıldığında günümüz standartlarının yakalandığı ve kullanılmakta olan bir sistemin kurulmuş olması da ayrı bir başarı olarak görülürken bu yapının bir havayolu ekosisteminde olması da bu başarıyı destekleyen ana yapılardan biri olarak görülmelidir. Tez kapsamında, uçuş haritaları üretimi sistemi ana çıkış noktası olan

sayısal veri üretimi noktasından başlamış, uçuş haritalarının otonom üretimi aşamalarına geliştirilmiştir fakat ilerleyen yıllarda uçuş haritaları çok daha farklı bir yapıya dönüşebilir ve günümüz formatı adına varolan üretim yapısının da bu gelişmelere adapte olması gerekecektir. Havacılık alanında sistemde varolabilecek en küçük hata kaynağı elimine edilmek istenir ki bu da derin bilgi birikimi ile ve tecrübe ile kurulacak otomasyonlar ile sağlanabilir. Büyük ekipler ve derin tecrübe ile varolan sistemin tüm parçaları her gün geliştirilmekte veya teknoloji ile hayat döngüleri sonlanarak farklı bir formata dönüşmektedir. Tutulan notlardan, haritalar ile desteklenerek günümüz standartlarına gelen alanda elektronik dönüşümden sonra hedef sistemin çok daha yüksek oranda otonomlaştırılması ve olası tüm hataların engellenmesi üzerinedir.

Sonuç olarak tezin ikinci fazı içerisinde ilk fazda yer almayan uçuş haritası türleri üretimi de gerçekleştirilirken yapılan tüm uçuş haritaları yüksek oranda otonom bir yapı ile sistem tarafından oluşturulabilmesi yapılan geliştirme çalışmaları ile sağlanmıştır. Bu alanda varolan eksiklikler tespit edilerek üretim adına hedef içerisinde başlangıçta hayal edilemeyen sayısal navigasyon verisinin otonom üretiminden tez kapsamında belirlenen standart üretime kadar birçok alanda başarı sağlanmış ve önemli bilgi birikimi elde edilmiştir. Alanın geleceği adına sürecin tamamen otonomlaşacağı ve günümüzde varolan birçok yapının ileri teknoloji ile yer değiştireceği beklenmektedir ki bu sebeple alanda yüksek teknoloji ile üretim adına yapılacak yatırımlar daha anlamlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] **DHMİ** (2019). Türkiye Geneli Havalimanı İstatistikleri, <https://www.dhmi.gov.tr/sayfalar/istatistik.aspx>. alındığı tarih: 27-Nisan-2019.
- [2] **Pakdil, M. E.** (2014). *Akıllı Uçuş Haritaları Yönetim Sistemi Tasarımı: I. Faz Kalkış Haritaları Üretimi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Uçar, D. ve Uluğtekin, N. N.** (t.y.). Kartografyaya Giriş. Basılmamış Ders Notları, *İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü Kartografya Anabilim Dalı*.
- [4] **Annex 4** (2009). Aeronautical Charts, *International Civil Aviation Organization*.
- [5] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15287>. alındığı tarih: 29-Nisan-2019.
- [6] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=14628>. alındığı tarih: 29-Nisan-2019.
- [7] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15686>. alındığı tarih: 29 Nisan 2019.
- [8] **AIP-KYRGYZSTAN** (2019). [http://kan.kg/ais/eaip/aipcharts/ucfo/UC\\_AD\\_2\\_UCFO\\_ARC.pdf](http://kan.kg/ais/eaip/aipcharts/ucfo/UC_AD_2_UCFO_ARC.pdf). alındığı tarih: 17-Mart-2019.
- [9] **Lankford, T. T.** (2002). Using Aeronautical Charts, *The McGrw-Hill Companies*.
- [10] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=14823>. alındığı tarih: 18-Mart-2019.
- [11] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15481>. alındığı tarih: 18-Mart-2019.
- [12] **ICAO**, (2006). Aircraft Operations Volume II.
- [13] **DHMİ-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15462>. alındığı tarih: 18-Mart-2019.

- [14] **AIP- Austria** (2019). [https://eaip.austrocontrol.at/lo/190426/Charts/LOWI/LO\\_AD\\_2\\_LOWI\\_24-7-1\\_en.pdf](https://eaip.austrocontrol.at/lo/190426/Charts/LOWI/LO_AD_2_LOWI_24-7-1_en.pdf). alındığı tarih: 20-Mart-2019.
- [15] **DHMI-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=16637>. alındığı tarih: 1-Nisan-2019.
- [16] **Bell, D.** (2008) Smithsonian Atlas of World Aviation, *Bunker Hill Publishing*.
- [17] **DHMI-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15433>. alındığı tarih: 1-Nisan-2019.
- [18] **DHMI-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15342>. alındığı tarih: 3-Nisan-2019.
- [19] **DHMI-Seyrüsefer Daire Başkanlığı** (2019). <http://ans.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=2&dosyaID=15901>. alındığı tarih: 3-Nisan-2019.
- [20] **ESRI** (2019). A quick tour of the graphic table element, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/production-mapping/a-quick-tour-of-the-graphic-table-element-tool.htm>. alındığı tarih: 3-Nisan-2019.
- [21] **MalcolmSmith** (2017). BeginnersGuide/Overview - Python Wiki, Anonymous, <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide/Overview>. alındığı tarih: 5-Nisan-2019.
- [22] **ESRI** (2018). What is ArcPy?--ArcPy Get Started | ArcGIS Desktop, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm>. alındığı tarih: 6-Nisan-2019.



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Yusuf Celil Konak

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Trabzon/ 12.06.1987

**Adres:** Yenişehir Mah. Akkaya Sk. No.2 A/4 Pendik/İstanbul

**E-Posta:** celilkonak@gmail.com

**Lisans:** Geomatik Mühendisliği İTÜ

**Yüksek Lisans:** Coğrafi Bilgi Teknolojileri İTÜ

### **Mesleki Deneyimler:**

2010-2011

Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, Mapaktif Coğrafi Bilgi Sistemleri

2011-2012

Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, Universal Bilgi Teknolojileri

2013-

Navigasyon Mühendisi, Pegasus Havayolları